YVES DEFORGE

LE GRAPHISME TECHNIQUE

THESE PRESENTEE DEVANT L'UNIVERSITE DE PARIS V

- LE 23 SEPTEMBRE 1975 -

ATELIER
REPRODUCTION DES THESES
UNIVERSITE LILLE III
LILLE

DIFFUSION
LIBRAIRIE HONORE CHAMPION
7, QUAI MALAQUAIS
PARIS

1976

COMPOSITION DU JURY

M. Antoine LEON, *Président, Rapporteur, Professeur à l'Université de Paris IV,*
M. Guy DENIELOU, *Président à l'Université de Technologie de Compiègne,*
M. Lucien GEMINARD, *Inspecteur Général de l'Instruction Publique au Ministère de l'Education à Paris,*
M. Romain JACOUD, *Professeur à l'Université de Paris VII,*
M. Abraham MOLES, *Professeur à l'Université de Strasbourg I,*
M. Gilbert SIMONDON, *Professeur à l'Université de Paris IV,*

AVERTISSEMENT : Le lecteur voudra bien excuser les imperfections de cette reproduction réalisée d'après un exemplaire de travail.

L'AUTEUR.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41549912_0016

YVES DEFORGE

LE GRAPHISME TECHNIQUE

THESE PRESENTEE DEVANT L'UNIVERSITE DE PARIS V

- LE 23 SEPTEMBRE 1975 -

ATELIER
REPRODUCTION DES THESES
UNIVERSITE LILLE III
LILLE

DIFFUSION
LIBRAIRIE HONORE CHAMPION
7, QUAI MALAQUAIS
PARIS

1976

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

L'Atelier de Reproduction des Thèses décline toute responsabilité
touchant la qualité technique des documents qu'il reproduit.

La loi du 11 mars n'autorisant, aux termes des alinéas 2 et 3 de l'article 41, d'une part, que les «copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective» et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, «toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle, faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants-droit ou ayants-cause, est illicite» (alinéa 1er de l'article 40). Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles 425 et suivants du Code Pénal.

© Yves DEFORGE, 1976

Mes remerciements s'adressent :

- à Monsieur R. SOULARD, Conservateur-adjoint du Musée du C.N.A.M., et aux détenteurs d'archives industrielles, bibliothécaires et archivistes auxquels j'ai dû faire appel,
- à ceux qui m'ont aidé, soit par leurs écrits et leurs conseils comme Monsieur le Professeur A. MOLES et Monsieur l'Inspecteur Général L. GÉMINARD, soit par leurs encouragements comme Monsieur G. DENIELOU, Président de l'Université de Technologie de Compiègne,
- à ma femme dont l'assistance m'a été précieuse.

Que Monsieur le Professeur A. LÉON, qui a accepté de patronner une entreprise incertaine, veuille bien trouver ici l'expression de ma gratitude.

EXEMPLAIRE N° ..14.....

1 - TEXTE

SOMMAIRE

A - HISTORIQUE

I - DES ORIGINES LOINTAINES A LA FIN DU XVIIIe SIECLE

1 - Il y a 4000 ans, le graphisme technique, hypothèse ou réalité ? 1
2 - La pierre : cathédrales et châteaux 8
3 - Le bois : moulins et vaisseaux 26
4 - Le bronze : cloches et canons 33
5 - Un exemple de graphisme : le trait 36
6 - Des proportions 44
7 - Les machines, enfin 53
8 - La représentation des formes 65
9 - La machine à vapeur : symbole et réalité 79

II - DU DEBUT DU XIXe SIECLE A NOS JOURS

1 - La fonction crée l'organe : points de repère 89
2 - Une entreprise en 1830 108
3 - Une entreprise en 1900 111
4 - Une entreprise en 1970 114
5 - Standardisation et normalisation 129
6 - Le futur prévisible 138

B - ENSEIGNEMENT

I - DES ORIGINES A LA FIN DU XVIIIe SIECLE

1 - Introduction 146
2 - Les objectifs de l'enseignement du dessin jusqu'en 1795 149
3 - Les systèmes de formation jusqu'en 1795 164
A - l'apprentissage en situation
B - la formation dans les écoles à temps plein
C - la formation dans les écoles à temps partiel

II - MONGE ET LES AVATARS DE LA GEOMETRIE DESCRIPTIVE

1 - Situation de la géométrie descriptive 209
2 - Monge et les géomètres de son école 213
3 - A la recherche d'une méthode de représentation 222

III - L'ENSEIGNEMENT DU DESSIN TECHNIQUE DE 1800 A NOS JOURS

1 - Implications sociales 241

2 - Le dessin linéaire et le dessin géométrique 251

3 - Objectifs et contenus des cours de D.T. 268

A - de 1800 au milieu du XIXe siècle
B - de 1850 à 1970
C - période actuelle

4 - Note complémentaire sur les institutions 295

C - SIGNIFICATION

I - ESQUISSE D'UNE TYPOLOGIE

1 - Classification par les propriétés 312

2 - Classification par les techniques de présentation ... 323

3 - Documents de même type 337

4 - Les modes de présentation des renseignements 349

II - ESSAI DE QUANTIFICATION DE L'INFORMATION

1 - Renseignements et information 356

2 - Contenu informatif des dessins 359

III - LES SIGNES DU DESSIN

1 - Linguistique et sémiologie 389

2 - Caractères généraux du dessin technique 391

3 - Analyse de quelques cas 393

D - BIBLIOGRAPHIE

I - ANONYMES

II - COLLECTIFS

III - AUTEURS ..... 403 à 427

***

INTRODUCTION

C'est en pensant au professionnel puis au professeur de dessin industriel que nous avons été, à nos interrogations et à celles des collègues que nous avons rencontrés par la suite, que nous nous sommes senti justifié d'entreprendre cette recherche exploratoire.

L'étude qui suit est le résultat d'une quête solitaire, elle n'a pas le caractère d'achevé qu'elle aurait peut-être acquis si nous avions pu la soumettre à l'épreuve de la discussion et de l'enseignement. De plus, en choisissant de reconstituer, époque par époque, domaine technique par domaine technique, le réseau d'influences qui a fait que le graphisme technique a pris telle forme, à tel moment et dans telles circonstances, nous nous sommes exposé au risque de subir les critiques des spécialistes de chaque domaine traversé.

L'historien des techniques pourra nous reprocher d'avoir survolé certaines périodes cruciales ; le sociologue, s'il approuve notre thèse du dessin " émergence d'une époque ", la trouver trop sommaire ; l'historien de l'éducation, juger insuffisantes nos sources bibliographiques. Le psychologue pourra aussi se plaindre de l'insuffisance de nos références expérimentales et bien hasardeuses nos hypothèses sur le fonctionnement mental de l'utilisateur des renseignements techniques. Quant au spécialiste de la communication graphique, il pourra, plus que tout autre, s'estimer frustré de développements que le titre de notre étude laissait espérer.

Pourtant, la plupart des auteurs qui ont écrit sur le sujet ne l'ayant abordé que sous l'angle qui leur était habituel et étant restés sur le terrain des généralités pour le reste, notre parcours transversal nous a permis de réunir ce qui était dispersé et d'éclairer ce qui n'avait été qu'entr'aperçu, du fait même des découpages disciplinaires. Nous espérons que les pistes que nous avons tracées seront empruntées par d'autres chercheurs. Si quelques-uns de ceux-ci pouvaient être des praticiens du graphisme technique, nous serions comblé.

CRETEIL-STRASBOURG, MARS 1975.

A - HISTORIQUE

ESSAI DE RECENSEMENT DES MANIFESTATIONS DU GRAPHISME TECHNIQUE

I - DES ORIGINES LOINTAINES A LA FIN DU XVIIIe SIECLE

1 - IL Y A 4000 ANS : LE GRAPHISME TECHNIQUE, HYPOTHESE OU REALITE ?

Si l'iconographie de l'antiquité égyptienne nous renseigne avec une certaine prolixité sur la façon dont étaient conduites les constructions importantes en nous montrant les activités des ouvriers charpentiers, menuisiers, tailleurs de pierre ou des équipes de manoeuvres tirant sur des traîneaux des statues colossales, nous sommes bien moins renseignés sur la conception de l'oeuvre et la conservation de l'idée directrice durant la longue période de construction.

Il semble impossible que des monuments aussi considérables que ceux que nous connaissons par leurs vestiges matériels : temples, pyramides, ensembles d'habitation, aient pu être construits sans un cadre de référence mémorisé d'une manière quelconque. Nous ne pensons pas obligatoirement au dessin ; il ne serait pas aberrant de soutenir que la construction des pyramides ait pu se faire à partir de quelques formules de base ou de tables de proportions, la construction elle-même étant contrôlée par des dispositifs simples tels que gabarits, bâtons de visée et mires ; Comme on le verra plus loin, d'aucuns ont cru retrouver des constantes significatives dans ces constructions (triangle égyptien, nombre d'or, proportion entre périmètre de base et hauteur). De même, les grandes statues auraient pu être faites, non d'après des dessins mais d'après des modelages avec report des dimensions à l'exécution par amplification constante Nous en serions réduits à de telles suppositions si quelques documents décisifs ne nous étaient parvenus.

Le temple de DENDERAH en Haute Egypte comporte dans sa première salle de grandes colonnes terminées par des chapiteaux de plus de quatre mètres de haut sculptés sur leurs quatre faces de têtes d'ISIS surmontées d'un entablement en forme de pyramide tronquée.

La date d'exécution est incertaine, le temple ayant été plusieurs fois remanié, mais on peut avancer celle de 2500 av. J.C.

(6e dynastie) pour ces chapiteaux. Or, JOMARD (1), qui faisait partie de l'expédition d'Egypte, a trouvé dans les carrières de GEBEL ABOU-FEDAH, dans l'HEPTANOMIDE, une série d'épures tracées sur les parois de la carrière. Ces dessins devaient servir de mémoire et de référence aux sculpteurs qui " sortaient " grossièrement les sculptures avant que les pierres ne soient transportées sur le lieu d'utilisation. C'est ainsi que JOMARD a reconnu et copié le dessin d'un chapiteau en forme de calice de lotus qui a servi à préparer les chapiteaux du temple de KARNAK. Mais le dessin le plus remarquable est celui d'une tête d'ISIS stylisée mise au carreau (2) et tracée en rouge avec une grande précision, ses dimensions sont exactement (en doigts de coudée) la moitié de celles des chapiteaux ; il s'agit là, indiscutablement, du dessin dont se sont servi les sculpteurs pour ébaucher les chapiteaux de DENDERAH. Jusqu'à preuve du contraire, c'est le premier exemple de graphisme technique complet que l'on connaisse. A partir de ce dessin il était possible de reporter, en les doublant, les dimensions sur le bloc de pierre, la troisième dimension (creux des sculptures) pouvant être prise sur l'épure sans qu'il soit nécessaire de se référer à un autre dessin (3).

Fig. 1
Fig. 2

Un second document, probablement un peu plus récent que le précédent, mérite attention. " Ce dessin est un géométral (tracé sur papyrus) représentant la face et un côté d'un naos en bois. Seul manque le plan qui évidemment a pu être tracé sur une autre feuille aujourd'hui disparue. Le sujet est dessiné à l'encre noire sur un fond de quadrillage en rouge " (4).

Fig. 3

Contrairement à ce que pense LEROI-GOURHAN, le " plan manquant " n'est pas nécessaire s'il s'agit d'une simple trace au sol, car les deux dimensions sont apparentes sur les vues existantes. S'il devait s'agir d'une véritable " vue de dessus ", on serait en présence d'une représentation en trois vues, quasi-cotée grâce à la

---

(1) COLLECTIF : Description de l'Egypte, (1809-1822), Antiquités, tome II, chapitre XVI : Description des antiquités de l'HEPTANOMIDE, par E. JOMARD.

(2) Figure 3 de la planche 62 de l'Atlas des antiquités. Cette figure a été copiée par CECILE, dessinateur au Conservatoire dont il sera question plus loin. Pour mieux comprendre le sens de ce tracé nous avons reproduit à côté (Fig. 2) un chapiteau de DENDERAH. Cf. JEQUIER (G.) : Manuel d'archéologie égyptienne, les éléments d'architecture, PARIS, PICARD, 1924, p. 23, fig. 7.

(3) Que nous nommerions aujourd'hui " plan " ou " vue de dessus " ou encore " projection horizontale ".

(4) COLLECTIF : Histoire générale des Techniques, sous la direction de A. DAUMAS, tome I, les origines de la civilisation technique, PARIS, P.U.F., 1962, p. 177, (rédacteur : LEROI-GOURHAN).

trame quadrillée que LEROI-GOURHAN assimile justement à un papier millimétrique, mais cette éventualité est très improbable. Avec ou sans "vue de dessus", un problème demeure : il s'agit du problème de l'arêtier, c'est-à-dire de la recherche de la vraie grandeur de l'angle des deux faces en pente du naos que nécessiterait une construction soignée et que ne donnent pas les vues géométrales. Les constructions en pierre ou en bois de l'antiquité égyptienne ne font pas apparaître l'usage ou la nécessité de tracés complexes comme pour le bâtiment et la charpente de notre millénaire, mais il semble, si l'on en croit PEIRA (1), que les égyptiens, dont "l'art du trait" était rudimentaire, utilisaient cependant des tracés auxiliaires très simples, peut-être en avaient-ils un pour l'arêtier.

Ces premiers dessins techniques (nous entendrons par là dessins porteurs des renseignements techniques nécessaires et suffisants à l'exécution par un ouvrier déterminé) ne nous permettent pas de savoir par qui ils étaient faits (2). Nous voyons un peu mieux comment ils étaient faits. Les premiers tracés sur pierre polie étaient gravés avec des stylets de métal, à la règle et au compas (dont l'usage était connu puisqu'un compas figure sur les peintures des tombes des pharaons FI et PTAHOTEP). Le dessin d'un naos de la figure 3 est un dessin à la plume avec encres de couleur, probablement repassé sur un tracé préalable à la mine de plomb. Il n'est pas possible de voir si un instrument comme le té a été employé, ce qui supposerait dans ce cas l'usage d'un support (planche à dessin). La question n'est pas superflue bien que dans nos régions l'usage de la planche à dessin, et peut-être du té, ne semble s'être répandu que vers le XIVe siècle (1399, inventaire de la loge d'YORK, KNOOP et JONES, cité par DUCOLOMBIER) (3). Fig.3

Pas plus que la construction, l'implantation des bâtiments ne pouvait se faire au hasard de l'inspiration et des lieux. La technique de l'enfouissage, qui a été largement utilisée à défaut d'échafaudages et d'engins de levage, nécessitait un projet élaboré puis-

---

(1) PEIRA (P.) : Le dessin à travers les âges, PARIS, D. et T., 1957.

(2) Vers 2700 av. J.C. le coffret d'un charpentier contenait des outils en silex, cuivre et bronze, un fil à plomb, une équerre, un cordeau et un bâton de visée. Un simple ouvrier était donc à même sinon d'exécuter du moins de reproduire certains tracés.
Cf. DORNIER (G.) : Art et Technique de la civilisation égyptienne, Technique Art Science, n° 143-144, nov.-déc. 1960, pp. 20-23.

(3) DUCOLOMBIER (P.) : Les chantiers des cathédrales, PARIS, PICARD, 2e édition, 1973.

qu'ensuite l'édifice disparaissait pour une longue période dans sa gaine de sable.

D'autre part, on sait les Egyptiens soucieux d'orientation et de dimensions, d'où la nécessité de relevés topographiques, de nivellement, de plan au sens de représentation certaine de la forme au sol des contours de base des constructions. Pour le nivellement, JEQUIER et LAUER (1) (2) avancent l'hypothèse suivante, valable pour la construction de grands édifices : après un nivellement grossier on procédait à l'inondation de l'aire retenue pour la construction et par baisse progressive du niveau d'eau, on repérait les affleurements qui devaient être ensuite éliminés par les équipes de terrassiers ; mais on ne dispose pas des documents concernant les références de formes et de dimensions à partir desquels on faisait le piquetage des lieux. (1). Notre hypothèse de nombres et proportions est acceptable pour un monument régulier comme une pyramide, on pouvait alors procéder par arpentage et triangulation avec des cordes comme cela se faisait encore au Moyen-Age et même plus tard pour l'implantation des châteaux-forts (BOOKER) (3)(4). Fig.10

Une trace, non plus égyptienne, mais chaldéenne, d'un tel plan directeur nous est donnée par la statue de GUDEA (5) où l'on voit un plan reproduit sur la tablette que tient l'architecte, avec une sorte d'échelle (plan pour la zigourat d'UR, 2040 av. J.C.). Dès lors, il était possible de reporter au sol, à l'aide de cordes ou perches, les dimensions amplifiées et de tracer, comme de nos jours, l'emplacement des fondations. Remarquons enfin qu'en Fig 5

(1) JEQUIER (G.) Manuel d'archéologie égyptienne, op. cité. Page 24 la reproduction d'une fresque du temple d'EDFOU montre le piquetage préalable à la construction.

(2) LAURER (J.P.) : Le problème des pyramides d'Egypte, PAYOT, PARIS, 1948.

(3) BOOKER (P.J.) : A history of engineering drawing, LONDRES, CHATTO et WINDUS, 1963.

(4) Cette pratique est encore donnée comme courante par MAROLOIS (Opera math. : Mise au plan d'une forteresse, paragraphe 23, Ve partie).
MAROLOIS (S.) Opera mathematica ou oeuvres mathématiques traitant de géométrie, perspective, architecture et fortification, ARNHEM, HAGUE-COMITIS, 1614-1616.

(5) L'architecte GUDEA, Musée du LOUVRE, doc. photographie (inventaire A02).

Egypte et plus tard en Grèce, les constructions étaient livrées brutes. Les polisseurs, sculpteurs, décorateurs, peintres, n'intervenaient qu'après achèvement du gros oeuvre sur un monument qu'il fallait d'abord ravaler et ragréer. Pour des constructions moins monumentales il est probable que l'artisan, qui pouvait alors maîtriser son oeuvre dans l'espace et dans le temps, travaillait d'après une idée directrice, "un dessein", ou par reproduction "de visu" plus ou moins servile. De nombreux objets des antiquités égyptiennes sont des variations autour d'un thème. Les constructions en bois comme les barques reproduisent un modèle par copie d'original (obtenues par tâtonnement et reconnues viables par l'expérience) ou assujettissement à des gabarits.

Les ressources documentaires et iconographiques dont nous disposons ne nous permettent pas de combler l'énorme fossé qui existe entre l'Antiquité et la fin du premier millénaire de notre ère. Cela tient au fait que les civilisations intermédiaires comme les civilisations chinoises, aztèques ou scandinaves, productrices de monuments importants ou de mobiliers ayant nécessité le développement d'une technologie dépassant le cadre de ce que peut maîtriser un individu avec son intelligence et sa mémoire, et par conséquent susceptibles d'avoir nécessité l'utilisation d'un média - dessin, formule "magique" ou corde à noeuds - sont plus mal connues encore que l'antiquité méditéranéenne. Cela tient aussi au fait que nous nous limitons à ce qui peut entrer dans le cadre du graphisme technique, tels les dessins porteurs de renseignements techniques certains, c'est-à-dire ne nécessitant pas un investissement complémentaire important de la part de l'utilisateur. L'impression d'une assez grande richesse iconographique que l'on peut avoir en examinant un ouvrage traitant de l'histoire de l'architecture ou de l'histoire des machines comme celui d'ARNOLD (1), ou plus nettement encore avec l'histoire du dessin de PEIRA (2), tient à ce que les auteurs confondent deux types de dessins sensiblement différents, sans d'ailleurs qu'il y ait des critères de partition bien nette et c'est ce qui fait difficulté. [Certains dessins de bâtiment, de charpentes, de meubles

(1) ARNOLD (G.) : Bilder aus der Geschichte der Kraftmaschinen, MUNICH, MOOS, 1968.

(2) PEIRA (P.) : Op. cité.

(au sens large) ou de machines ne sont à notre sens que des figures illustratives. Ceci ne veut pas dire qu'un habile architecte ou ingénieur n'ait pu, à partir de ces figures, soit refaire un dessin technique, soit investir directement au cours de la construction pour combler la différence entre la figure et l'objet réalisé.

Par exemple, le dessin d'une habitation de TELL EL AMARNA Fig. 4 n'est pas un dessin technique. C'est aussi l'opinion de LEROI-GOURHAN (1): "ce procédé manque évidemment de précision et on voit mal comment un ouvrier pouvait reproduire un pareil dessin sans risquer de trahir la pensée de celui qui l'avait conçu. Or, étant donné l'importance des monuments égyptiens et l'extraordinaire maîtrise à laquelle les Egyptiens étaient parvenus en matière technique, il paraît impossible qu'ils aient pu se contenter de ce moyen si peu, disons, mathématique". Mais il n'était pas impossible non plus d'en tirer des renseignements techniques, dans la mesure où ils s'y trouvaient, ainsi que des idées de construction.

Bien que nous n'ayons que peu d'informations sur la civilisation chinoise, le monumental ouvrage de NEEDHAM (2) consacre une étude non négligeable au génie civil et à la construction de machines en Chine et nous confirme dans l'idée qu'un problème technique d'une certaine dimension étant posé il est impossible, humainement, d'en esquiver les étapes qui sont : concevoir, définir, construire, contrôler. A chacune de ces étapes le graphisme technique peut intervenir et est effectivement intervenu,

NEEDHAM (P. 104) rappelle qu'il était d'usage en Chine de faire des expériences préalables avant d'entreprendre de grands travaux. Quand en 1197 HUANG KAN est chargé de reconstruire les murailles d'ANCHHING, cité dont il était gouverneur, il commence par faire construire une portion de muraille pour évaluer les coûts, la main-d'oeuvre nécessaire et le matériel à prévoir. Cette pratique était remplacée dans de nombreux cas par des peintures et de petits modèles ou maquettes. On peut voir encore à TA-THUNG dans le SHANSI une maquette de temple datant de 1038. La construction grandeur nature se

---

(1) Histoire générale des techniques, op. cité, tome I, pp. 176-177.

(2) NEEDHAM (J.) : Science and Civilisation in China, vol. IV-3 CAMBRIDGE, University PRESS, 1971.

fait en utilisant les proportions homothétiques. La représentation picturale des constructions projetées devient un outil au service de l'architecte; le genre est appelé "peinture à contour exact" pour le distinguer du dessin d'art. Ces peintures ne sont certes pas des dessins techniques mais des aides guidant la décision du commanditaire et le travail du constructeur. Ce travail n'est pas immédiatement concrétisé mais passe la plupart du temps par un dessin plus exploitable dont malheureusement NEEDHAM ne donne pas d'exemple probant, sauf peut-être le plan d'un temple de Confucius qui peut à la rigueur Fig.6
être considéré comme porteur de renseignements certains quant à la distribution des bâtiments. La date (1629) en fait une manifestation tardive du dessin technique chinois puisque l'auteur signale des plans des Xe et XIe siècles. La figure 7 montrant le plan d'une Fig7
ville impériale est, à notre sens, une "figure" illustrant un livre sans visée technique (Livre rituel de SAN LI THU) sa datation est difficile étant donné les nombreuses éditions de l'ouvrage. Elle est de toute façon antérieure au XIe siècle.

Le Ying Tsao Fa Shih (traité de méthode d'architecture), oeuvre de nombreux rédacteurs, paru pour la première fois en 1097 et réédité en 1103 et 1145, comporte des dessins d'assemblages qui, mal- Fig.8
gré l'absence de références dimensionnelles, sont des dessins techniques, les valeurs relatives des dimensions pouvant être retrouvées facilement par la loi des tiers (un tiers de bois, un tiers d'entaille, un tiers de bois). De tels dessins de détail sont rarissimes à cette époque, la forme des assemblages faisant normalement partie du bagage des connaissances mémorisées par l'artisan. On remarquera l'utilisation de la perspective cavalière, sur laquelle nous reviendrons dans notre étude. Le rapprochement de ces dessins du Ying Tsao Fa Shih avec une planche de même facture mais complétée par un géométral coté, extraite d'un cours de dessin de menuiserie contempo- Fig.9
rain (1952), est assez évocateur.

2 - LA PIERRE : CATHEDRALES ET CHÂTEAUX

En Europe c'est aussi, et pour longtemps, la construction des bâtiments qui par son importance nous fournit l'essentiel des documents dessinés sur lesquels nous pouvons nous appuyer pour reconstituer l'histoire du graphisme technique. Il s'agira essentiellement de bâtiments à vocation religieuse : couvents et cathédrales.

Situons cependant brièvement les constructions militaires et de marine de l'époque. Les châteaux-forts des X, XIe XIIe siècles, pour lesquels nous n'avons aucun plan d'origine, semblent avoir été construits très rapidement, sur commande, et par des équipes itinérantes bien rôdées qui travaillaient d'après des formes types en utilisant au mieux les ressources locales. Probablement transportaient-elles avec elles des gabarits qui permettaient une réalisation rapide des formes stéréotypées : ouvertures de meurtrières, croisées de fenêtres, mâchicoulis, escaliers. Après avoir édifié le gros oeuvre et sa couverture l'équipe laissait au possesseur du château le soin de faire achever les travaux à sa guise suivant ses moyens et ses besoins.(1).

Pour les navires, même incertitude, les dessins des XIe et XIIe siècles que nous possédons n'étant que des figures illustratives. Si nous nous référons à l'ouvrage de VINTRAS(2) sur le corporatisme dans les constructions navales de France, nous constatons que les navires construits par les chantiers civils de la Manche et de l'Atlantique au XVIe siècle, s'ils ne se ressemblaient pas, avaient cependant en commun les mêmes rapports proportionnels. Ce qui laisse penser que jusqu'à cette époque, la construction navale travaillait surtout par reproduction sans innover beaucoup. Dès lors, la conservation des formes pouvait se faire avec des moyens réduits : échelle de proportion, gabarits et référence à des navires existants reconnus de bonne marche.

---

(1) Cette situation particulière des maçons et charpentiers est probablement à l'origine du compagnonnage. LESPINASSE signale que les charpentiers et les maçons n'ont pas eu de véritable statut rédigé avant 1782. Le compagnonnage a pu se substituer aux habituelles structures corporatives, vu que l'architecte assumait un rôle différent de celui du maître. Un arrêté du Parlement du 13 juillet 1501 interdit aux maçons et charpentiers de se constituer en association sous quelque prétexte que ce soit. LESPINASSE (R. de) Les Métiers et Corporations de la ville de PARIS, Imp. Nale, 1892.

(2) VINTRAS (A.) et BANSE (J.) : Le corporatisme ancien de construction navale en France, PARIS, ACADEMIE DE MARINE, 1939.

Il s'agit bien là de l'époque antérieure au XVIIIe siècle. Nous verrons par la suite que le dessin prit une plus grande importance avec le développement de la navigation maritime et la diversification des modèles en fonction des besoins.

Autour du XIe siècle, l'architecture religieuse est la plus accessible à l'étude pour les raisons suivantes :

. Seuls les couvents et églises, jouissant d'une meilleure protection que les châteaux, ont pu conserver quelques archives.

. La construction des cathédrales a excité la curiosité et provoqué de nombreuses recherches.

. Plus que dans les autres constructions, la conservation de l'idée directrice au cours de la période d'édification a nécessité l'usage de relais : modèles, maquettes, dessins.

L'architecture religieuse a été étudiée par DUCOLOMBIER(1) dans un ouvrage qui fait autorité en langue française. Les autres études marquantes sur la même période sont anglaises et surtout allemandes (2). Nous avons, grâce à eux, une vision assez exacte de ce qu étaient les chantiers vers le XIIIe siècle.

Les commanditaires : chapitre religieux, bourgeois de la ville, constituent un Conseil de Fabrique. Le Conseil se réunit à la Maison d'Oeuvre. La Maison d'Oeuvre de STRASBOURG, au pied de le cathédrale, date de 1347 pour son premier corps de bâtiment ; agrandi plusieurs fois par la suite, l'ensemble constitue aujourd'hui le Musée de l'Oeuvre de Notre-Dame. L'"Oeuvre" ou la "Fabrique" a pour rôle de veiller à la bonne marche des travaux, au respect des contrats et à l'administration des dons et legs en faveur de la construction de la cathédrale. Un proviseur procède aussi à la rétribution des ouvriers et tient un livre de comptes, comme pour la reconstruction de l'église des Cordeliers de PROVINS (1284) (3) ou à la construction de l'église d'AUTUN (1295) (cité par GIMPEL).

---

(1) DUCOLOMBIER (P.) : Les chantiers des cathédrales, op. cité. La seconde édition (1937), profondément remaniée, comporte un important chapitre sur "plans et dessins" (pp. 72 à 87, avec de nombreuses reproductions).

(2) Voir bibliographie très complète dans DUCOLOMBIER et GIMPEL (J.) : Les bâtisseurs de cathédrales, PARIS, SEUIL, 1958.

(3) MORTET (V.) : Un très ancien devis français. Marché pour la reconstruction de l'église des Cordeliers de PROVINS, PARIS, PICARD, 1897.

Il va de soi que le Conseil de Fabrique ne pouvait se lancer sans garanties dans une entreprise aussi longue et aussi aléatoire que la construction d'une cathédrale. On convoquait d'abord plusieurs architectes pour une sorte de concours. Par exemple, le moine bénédictin de CANTORBERY, GERVAIS, raconte que la reconstruction du monastère ayant été décidée "on convoqua donc des architectes anglais et français, mais les avis furent partagés ... Parmi les autres, vint un architecte de SENS, nommé GUILLAUME, un homme énergique et ouvrier ingénieux en pierre et en bois. En raison de son esprit et de sa renommée, on lui confia l'oeuvre de préférence aux autres" (1).

L'architecte présentait probablement un plan au sol, non dimensionné donnant, sans entrer dans les détails architecturaux, une idée de la forme et de distribution des chapelles. Le plan devait être ensuite adapté au terrain disponible. Le plan pouvait être une création originale de l'architecte comme celui que VILLARD de HONNECOURT dit avoir tracé en discutant avec son collègue et ami Pierre de CORBIE (2). Il en tire alors une gloire particulière et peut se qualifier par rapport à ses concurrents moins imaginatifs. Mais les bourgeois de "l'Oeuvre" pouvaient ne pas souhaiter courir le risque d'une innovation qui aurait ajouté aux risques déjà nombreux de l'entreprise, l'architecte avait alors la ressource de tirer de ses carnets des plans qu'il avait copiés plus ou moins fidèlement lors de ses déplacements ou de ses travaux antérieurs. VILLARD, ayant à reconstruire le chevet de N.D. de CAMBRAY, va à REIMS, en étudie le chevet et la nef, en fait quelques croquis, écrit quelques notes, ne prend pas une seule mesure, revient, fait ses épures, trouve "dans son goût" ("au rond de sa cervelle") les dimensions qui conviennent et bâtit.

Fig. 11

En plus du plan, l'architecte devait aussi proposer un dessin de la façade. Ce dessin ne pouvait être exécuté sur place qu'une fois le plan adopté et les dimensions déterminées, car les architectes travaillaient d'après les proportions : on construisait "ad quadratum" ou "ad triangulum", c'est-à-dire en fonction de la largeur au sol de l'église. Bien que les opinions soient partagées, il semble que les façades participaient du même principe. Plusieurs auteurs (3) ont

---

(1) GIMPEL (J.) : Op.cité, pp. 145-146.

(2) VILLARD DE HONNECOURT : Album de V. de H. publié en fac-similé par J.B.A. LASSUS, PARIS, Imprimerie N^ale^, 1858. (Les carnets de V. de H. peuvent être datés de 1250 environ).

(3) DUCOLOMBIER (P.) : Op. cité, édition de 1953, p. 69.

cherché à reconstituer les tracés qui auraient pu être faits suivant le fameux nombre d'or. THOMAE arrive à une conclusion négative mais on lui a fait le reproche d'avoir examiné des reproductions photographiques de dessins. Nous avons nous-mêmes attentivement observé les projets originaux de façade de la cathédrale de STRASBOURG exposés au Musée de l'Oeuvre, et particulièrement le beau dessin d'un architecte inconnu (1275) dit "projet B", sur parchemins collés. Il est incontestable que ce dessin comporte, sous le tracé à l'encre, une construction à la règle et au compas qui a été faite dans un souci du respect des proportions. Les emplacements des pointes de compas sont repérés par un cercle barré d'une croix comme cela se fait encore de nos jours sur les épures.

D'ailleurs, l'équilibre visuel de l'ensemble conduisait à adopter des dimensions relatives dont il était difficile de ne pas apercevoir la permanence. Que les architectes aient tiré de cela des règles simples de tracé ne fait aucun doute. L'exemple le plus typique est celui des colonnes où l'harmonie entre les différentes parties : piédestal, colonne, entablement a, dès l'Antiquité, conduit les gens du métier (architectes, tailleurs de pierre et sculpteurs) à travailler d'après des tables de proportion encore en usage et dont on trouve des exemples dans tous les ouvrages spécialisés (voir par la suite fig. 45). Dans les carnets de VILLARD de HONNECOURT on trouve, planche XXXVIII, un dessin (1) sous lequel on lit:"Par ce moyen Fig.12
divise-t-on une pierre de telle façon que ses deux moitiés soient carrées", opération sans utilité pratique au sujet de laquelle VILLARD semble avoir fait une confusion. GIMPEL rapproche à juste titre ce tracé de celui de RORICZER (1486), beaucoup plus explicite, Fig.13
qui montre "comment tirer l'élévation du plan". Trois carrés issus l'un de l'autre lui donnent les sections d'un pinacle à des niveaux

---

(1) A rapprocher de la planche XXXIV où on voit une sorte de tour pointue avec cette légende : "par ce moyen monte-t-on l'aiguille d'une tour et taille-t-on les modèles". Après avoir pris l'inclinaison de l'une des faces de l'aiguille par rapport à la verticale ce qu'indique la ligne graduée qui se dresse à la base de l'aiguille sur le dessin, on prend, pour une hauteur d'assise, une échelle proportionnelle qui donne également l'inclinaison de chaque face des pierres. Opérations que nous trouvons également indiquées dans le carnet. On taille alors la pierre d'après un patron en bois ou une fausse équerre réglée d'après l'échelle.

déterminés. Cet art de tirer l'élévation du plan (1), considéré comme un secret des tailleurs de pierre et maçons (assemblée de RATISBONNE, 1459) porte en lui un danger car il n'y a pas toujours identité entre l'équilibre visuel et l'équilibre technologique. Comme les architectes n'avaient aucune connaissance précise de résistance des matériaux et encore moins de résistance des sols, le fait de prendre le plan d'une église existante et de projeter d'en faire une semblable deux fois plus grande ailleurs était pour eux logique d'après les nombres. On sait que ce genre de logique ne tient pas en construction où les contraintes ne varient pas linéairement. Les écroulements étaient nombreux. Les cas de BEAUVAIS, CHARTRES, VIENNE, MILAN, etc...,sont bien connus. Celui de la cathédrale de SEEZ ou SEES dans l'Orne est à verser au dossier. Commencée en 1045 par YOES DE BELLEME, elle fut achevée cinquante ans plus tard. "La négligence que l'on avait apportée à la construction d'une partie des fondements de cette église causa, même pendant la construction, des accidents qui devinrent par la suite si alarmants que l'on craignit la chute de l'édifice. Depuis 1452 jusqu'en 1784 on y fit exécuter à plusieurs reprises des travaux de consolidation assez considérables. En 1817 il fallut reprendre entièrement l'ouvrage en sous oeuvre". (KRAFFT) (2).

Il n'est pas jusqu'à la cathédrale de STRASBOURG, qui n'ait pâti de ces incertitudes. Alors que tous les projets font apparaître deux flèches symétriques,on a jugé plus prudent de ne pas achever la tour droite,bien que certains auteurs donnent parfois cet inachèvement comme un effet de l'art ...(3) (4).

Les projets de la façade et autres parties en hauteur n'étaient pas immédiatement consécutifs à l'adoption du plan général. A STRASBOURG l'oeuvre détient cinq plans relatifs à la façade et des projets de détails (5), d'autres sont à BERNE, LONDRES et ULM. Leurs dates Fig.14

---

(1) Analogue à ce que permet un plan avec courbe de niveau ou un photogramme. Il suffit de connaître une fois pour toutes le pas des "coupes" pour reconstituer le volume à partir du plan. Fig.167

(2) KRAFFT (J.Ch.) : Traité des échafaudages, PARIS, RORET, 1856.

(3) RIGER (Th.) : La cathédrale de STRASBOURG, 8e éd. STRASBOURG, D.N., 1971,

(4) VERGEZ (R.) : Les tours inachevées, PARIS, JULLIARD, 1959.

(5) Projet d'élévation intérieure de la moitié nord de la façade occidentale et du mur nord du narthex jusqu'à la grande rose (sur parchemin gratté),ERWIN, 1265.

d'exécution s'échelonnent de 1275 à 1430. Aucun ne correspond exactement à l'exécution effective.

En plus ou à la place du projet dessiné, l'architecte pouvait avoir à faire un modèle en bois, en plâtre ou en cire. On retrouve là une technique déjà signalée en Chine. En 1392, à MILAN, on demande à l'architecte de présenter un modèle en bois "afin qu'il demeure toujours un exemple à titre de preuve pour quiconque et de directive pour les travaux de la fabrique". On ne saurait être plus net. Ce souci du Conseil de Fabrique d'avoir des archives s'explique assez bien : il devait pouvoir présenter aux bailleurs de fonds, peu habitués à examiner des dessins et épures, une preuve tangible de la réalité du projet. Au XIVe siècle, on demande à un ouvrier de faire une maquette de la cathédrale de TURIN "pour montrer à ces messieurs du chapitre". C'est encore ce que fait le Maire qui veut montrer à ses administrés son projet de ville nouvelle (cf."la ville nouvelle de CRETEIL", exposition permanente, CEMAEC CRETEIL). Un autre rôle des maquettes et dessins conservés à la Maison d'Oeuvre était d'assurer la permanence de l'intention. Durant les quelques deux cents ans que durait la construction d'une cathédrale, il se passait beaucoup de choses. Aux périodes fastes succédaient les mises en sommeil pour raison de guerre, de manque d'argent, de désaffectation du chantier, voire de grève. Le Conseil de Fabrique changeait, démissionnait ou était démissionné. Les architectes se succédaient de père en fils (ERWIN, STRASBOURG), quand un nouvel architecte arrivait, on lui présentait le dossier. Souvent il s'empressait de reprendre les plans à sa manière mais il y avait néanmoins, grâce à l'Oeuvre, une continuité. Il se trouvait aussi qu'après une longue interruption ou la disparition de l'architecte plus personne ne sût comment continuer. "C'était en 1391, le plan de la cathédrale de MILAN était arrêté depuis longtemps et la cathédrale était largement sortie de terre, mais on tâtonnait pour l'élévation (ce qui paraît indiquer qu'au début d'un bâtiment on devait laisser beaucoup de choses dans le vague). On avait fait venir des architectes de tous les pays, on avait même convoqué un mathématicien, Gabrielle STORNALOCO de PLAISANCE, "expert en l'art de géométrie". Il vint au mois d'octobre et resta six jours à MILAN. Rentré à PLAISANCE il écrivit sa consultation. En mai 1392, rien ne va plus, on fait à nouveau appel à quatorze maîtres et on leur pose onze questions" (1).

---

(1) DUCOLOMBIER (P.): Op. cité p.68.

Cette pratique des consultations était courante et nous en connaissons de nombreux exemples, c'est une manifestation de la célérité avec laquelle les hommes et les idées circulaient en Europe à cette époque et jusqu'au début du XVIIIe siècle. Un siècle plus tard, entre 1487 et 1490, LEONARD DE VINCI sera consulté de la même façon sur des questions de conception architecturale et de proprotion. Contrairement à ces prédécesseurs, son esprit toujours en quête de raisons le fait s'intéresser aux dispositions à prendre pour éviter les fissures (1). "Pour la toiture du Dôme de MILAN où, au point de rencontre des bras de la croix devait s'élever le tiburium, les architectes appelés à fournir un projet de ce travail n'avaient pas obtenu la confiance du Conseil de Fabrique et LEONARD fut chargé de faire le modèle d'une coupole centrale avec, tout autour, d'autres groupements avec des spires qui devaient assurer un effet architectonique en harmonie avec les lignes ogivales de l'ensemble" (2).

En 1490, LEONARD se rend à PAVIE pour visiter les travaux de la cathédrale. Il loge avec serviteurs et chevaux à l"Ósteria del Moro" aux frais de la fabrique du Dôme. En ce temps l'artiste médite, dessine, fait des projets et, si nous les confrontons avec l'ultime modèle en bois du Dôme, il est permis de croire que celui-ci a été fait selon les dessins de LEONARD (3)

Quand le plan était tracé sur le papier, il était reporté au sol à l'échelle grandeur nature par la méthode des cordes. Ce report ne présentait pas de difficulté puisque les plans que nous connaissons comportent tous une trame rectangulaire ou rayonnante. Le résultat n'était pas toujours très exact et un contrôle exercé sur les écartements montre des imprécisions. "Une étude attentive de la nef et du transept de Saint Denis prouve que c'est de là que découle le plan des constructions de Pierre de MONTREUIL. Le problème de géométrie qui consistait à diviser un carré en neuf carrés égaux et à subdiviser les quatre carrés d'angle en quatre petits

Fig. 10

Fig.167

---

(1) Recherches sur les causes de la rupture des murs, Cod. ARUNDEL, fol. 157 verso.

(2) LEONARD DE VINCI : 2 tomes, CERCLE DU BIBLIOPHILE, 1958.

(3) Nous ne connaissons en fait qu'un seul dessin de LEONARD concernant le dôme, il s'agit d'un plan tramé, au sol, Cod. FORSTER, III fol. 55 verso.

carrés chacun, fut résolu de la façon la plus simple. Des parallèles divisant en trois parties égales les côtés du carré interceptent les diagonales en quatre points principaux (la croisée) et donnent naissance à neuf carrés égaux. Deux perpendiculaires divisant en deux les carrés d'angles déterminent dans chacun d'eux quatre petits carrés. La solution va de soi et repose rigoureusement sur des intersections à 45 et 90 degrés. En dépit d'un certain nombre d'irrégularités, il est évident que ce système fut employé à Saint-Denis pour situer l'emplacement des piles du transept. Un module égal à 0,325 m a dû être employé. Le pied du roi, ou de Paris, mesurait 0,32484 m " (1).

Une fois le plan tracé, la première construction entreprise était la loge, sorte de baraque de chantier dans laquelle les ouvriers s'abritaient, mangeaient, rangeaient leurs outils (qu'ils apportaient souvent avec eux). Sur les illustrations et tableaux de l'époque, la loge est nettement visible (exemple : la Sainte-Barbe par VAN EYCK) mais aucune ne montre ce qui se passe à l'intérieur. HARVEY croit avoir vu un bureau de dessin sur une miniature du XIVe siècle mais DUCOLOMBIER conteste cette interprétation, du moins en ce qui concerne la miniature en cause (2). L'inventaire de la loge d'YORK (1399) par KNOOP et JONES énumère différents outils simples et encore en usage : herminettes, rénettes, traçoirs, compas, équerres ... et deux planches à dessin. La présence de planches à dessin nous laisse penser que dans la loge même fonctionnait une sorte de bureau d'études et de méthode. C'est là qu'à partir des élévations et des plans de l'architecte, on dessinait sur planchette ou sur parchemin les détails manquants, à moins qu'ils ne fussent directement tracés au sol, en grandeur d'exécution, sur une aire préparée ou sur règles (3) pour les parties menuisées. Le passage des dimensions du dessin à celles de l'exécution ne semble pas s'être fait par la mise au carreau (4) dont on n'a retrouvé aucune trace. Par contre, bien que le compas de proportion n'apparaisse pas entre les mains des ouvriers,

---

(1) Summer CROSBY cité par GIMPEL, op. cité, pp. 125-126.

(2) Miniature du XIVe, LONDRES BRITISH ROYAL MS 28 VII SOL 3/V°.

(3) Les règles étaient des planches de bois blanc (feuilles de peuplier).

(4) Cf. Atlas fig. 1.

il est possible que cet instrument ait été utilisé sur les chantiers plus tôt que ne le pense DUCOLOMBIER Alors qu'il en situe l'apparition aux environs de 1570, nous en voyons une incontestable représentation accompagnée d'une explication mathématique dans LEONARD (1) que nous daterons arbitrairement de 1480. De toute manière, le compas de proportion était insuffisant pour passer des dimensions du dessin à la dimension monumentale d'une porte ou d'une rosace, par rapport au projet d'ERWIN la réalité est cent fois plus grande ! Ce nombre cent peut nous donner la solution. En prenant soigneusement au compas à pointes sèches la dimension sur le dessin (on sait que les centres étaient repérés) et en mesurant l'ouverture, il suffisait de multiplier la mesure par cent (2) ou de se servir d'une table de conversion ou d'une perche graduée pour avoir la grandeur réelle qui était ensuite reportée sur l'aire de traçage; les arcs de cercles étant tracés avec une longue latte ou une ficelle faisant office de compas. Nous donnons cette solution comme plausible l'ayant souvent vue pratiquer alors que nous enseignions à des jeunes apprentis menuisiers.

Au tout début, ou sur de petits chantiers, il est possible que l'architecte ait lui-même fait ses tracés; par la suite, et principalement à partir de la fin du XIVe siècle, ce rôle semble dévolu au "parlier" qui tient dans la loge une place importante Il est l'intercesseur entre les ouvriers, l'architecte et la fabrique, il est aussi le chef du "bureau d'études et de méthodes". C'est assez exactement le rôle du chef de chantier actuel. Avec l'appareilleur, le maître maçon et le maître charpentier, il règne sur un petit monde remuant de compagnons et d'aides à la technicité très restreinte. L'architecte supervise quand il est là. Peut-être garde-t-il quelques prérogatives comme celle de détenir la référence de mesure "la virga". C'est à la présence du bâton de mesure entre les mains d'un personnage généralement de grandeur supérieure à celle des autres employés du chantier que l'on repère très souvent l'architecte sur les illustrations d'époque. Sur le tracé au sol un autre personnage important, l'appareilleur, pouvait alors rechercher la forme des pierres par des méthodes que nous aurons l'occasion d'examiner par la suite. Certaines pierres nécessitaient la construction d'épures, également sur

---

(1) Cod. Atl. fol 357 recto A

(2) Ce qui n'était pas incompatible avec un système non décimal.

l'aire de traçage, ou sur planche à partir desquelles l'appareilleur découpait dans du carton ou du bois les panneaux, formes, moles ou gabarits et réglait les sauterelles et biveaux. Ces gabarits soigneusement repérés étaient stockés dans la loge (inventaire d'YORK) et remis au tailleur de pierre pour usage. Il est possible qu'à la fin du taillage les pierres aient été assemblées à blanc au sol sur l'aire de traçage. Ce travail par présentation des bois et montage à blanc à l'équerre et au fil à plomb était courant pour la charpente (1).

Ainsi, arrivés à la fin du XIVe siècle environ, nous voyons mieux comment se construisirent les grands édifices religieux qui, du Xe au XVe, couvrirent l'Europe.

Nous retiendrons que ces oeuvres monumentales n'ont pas été construites miraculeusement mais par des hommes qui n'étaient pas des saints. La légende de bâtisseurs inspirés et désintéressés ne tient pas quand on examine d'un peu plus près le fonctionnement d'un chantier. Au dessus de cette cohorte turbulente, quelques hommes apportaient leur savoir limité mais précis. Nous avons toute raison de croire que les secrets de métiers ont existé mais ils se résumaient à de pauvres choses : connaissance du matériau, proportions, tracés élémentaires. A cet outillage technologique rudimentaire s'ajoutait le dessin technique qui tranche par sa pureté et sa précision. Tous les Fig.15-16
exemples que nous en avons, STRASBOURG, REIMS, FRIBOURG, RATISBONNE, Fig.17
ULM ..., sont remarquables. Malheureusement ni les contemporains, ni les chercheurs n'ont accordé à cet aspect de l'activité créatrice l'attention voulue. Les projets de façade pour REIMS ont été grattés Fig.18
et recouverts d'écriture (le parchemin coûtait cher) (2). D'autres projets ont été perdus ou détruits après usage, bien que l'architecte ait eu obligation de laisser ses dessins à l'Oeuvre à son départ. Quant aux études historiques, elles se sont plus penchées sur l'anecdote représentée par la miniature, l'illustration faussement naïve, que sur les circonstances précises de la création technique.

---

(1) JOUSSE (M.) : L'art de charpenterie, PARIS, JOMBERT, 1751, (1ère éd. 1630).

(2) L'un des projets de STRASBOURG est aussi un palimpseste.

Pour nous, nous ne poserons pas la question de savoir si telle ou telle miniature représente ou non un bureau de dessin ; nous faisons l'hypothèse que le problème de la construction d'un temple ou d'une cathédrale étant posé avec ses contraintes techniques et humaines de l'époque, la solution passait immanquablement par un certain type de graphisme technique. Les documents, peu nombreux il est vrai; mais certains, que nous avons,nous en apportent confirmation.

Du XVe siècle à la fin du XVIIe,les dessins d'architecture conservés deviennent progressivement de plus en plus abondants et leur contenu en renseignements effectifs augmente. Plusieurs raisons peuvent être avancées :

- L'usage du velin et du papier qui se répand libère le dessinateur du souci de l'économie.

- Les chantiers se multipliant, surtout les chantiers civils, le nombre de documents croît proportionnellement et la diversification consécutive des points de conservation éventuels augmente, en quelque sorte statistiquement, les chances qu'avaient ces dessins de parvenir jusqu'à nous.

- Une part de l'initiative jusqu'alors laissée aux réalisateurs est prise en charge par l'auteur du projet qui est conduit à donner des ordres dessinés et écrits plus contraignants.

Ceci est dû,surtout à partir de la Renaissance, à une augmentation du volume des travaux, à des changements dans les techniques, au rythme plus rapide de la construction,ce qui entraîne des ajustements dans les structures de production et des modifications dans les hiérarchies.

Il est donc possible de penser que l'homme de l'art,qui jusqu'ici investissait directement une partie de ses connaissances sur le chantier,ait dû se pencher sur sa propre activité pour mieux la maîtriser et qu'une translation des fonctions se soit produite, le concepteur exécutant aidé par ses compagnons faisant place à une organisation pré-industrielle -dans le bâtiment du moins-.

Toujours est-il que,la somme des renseignements techniques dont est porteur le dessin devenant plus importante, il a fallu imaginer des artifices de présentations tels que profils, vues partielles,

coupes, et artifices propres à montrer les parties cachées. Les solutions données à ces problèmes de présentation de l'information sont apparues petit à petit assez semblablement d'un point de création à l'autre car les dessins étaient maintenant exécutés par l'architecte ou par ses collaborateurs réunis en atelier. On possède des atlas composés d'études, de projets, de dessins de détail sortis des agences d'architectes comme les de BROSSE (Salomon succédant à son oncle ANDROUET du CERCEAU puis Jacques de BROSSE succédant à Salomon) d'une technique caractéristique du dessin d'architecture à la fin du XVIIe siècle (1). A cette époque, l'outillage du dessinateur comprend une planche à dessin sur laquelle il fixe son papier par des boulettes de cire, un té (dit règle-équerre) dont l'existence est attestée par un dessin de " l'artificiali perspectiva " de Jean PELLERIN (1505). Ce même dessin montre deux compas l'un à pointe sèche, l'autre à spatule pour l'encre. L'équerre de dessinateur à trois côtés et donnant en plus de l'angle droit deux angles complémentaires apparaît beaucoup plus tardivement. DAUMAS, dans son recensement des instruments scientifiques du XVIIe et du XVIIIe siècle ne signale qu'une seule équerre : celle d'arpenteur. Dans l'étui d'instruments de mathématiques de CHAPOTOT (fin du XVIIe) la règle désignée par DAUMAS comme étant une " règle à traits parallèles " pourrait être une sorte d'équerre à chapeau à 45° pour dessinateur. Les tracés sont faits suivant deux techniques, l'une d'elles consiste à enduire la feuille de dessin de noir de fumée, obtenu en brûlant de la corne, puis à effectuer les tracés avec des crayons en plomb. L'autre part d'une esquisse au charbon de bois qui est repassée au crayon d'argent. La mise au net se fait à la plume et à l'encre brune, à la pierre noire (à partir de laquelle on obtenait une sorte d'encre " de Chine "), ou à la sanguine. Les formes sont réhaussées par des lavis bruns ou de l'aquarelle ou de la gouache.

Fig.23

Fig.93

" L'architecture et les nouvelles inventions pour bien bâtir à petit frais " de Philibert DELORME (2), publiées en 1561, nous fournissent des indications précises sur le type de présentation dessinée en usage à cette époque.

---

(1) Collections du LOUVRE, Album composite (49 feuillets), inventaire RF 5946.

(2) DELORME (Ph.) : L'oeuvre de Philibert DELORME, fac-similé par NIZET (C.) d'après l'édition de 1567 des 9 premiers livres d'architecture, des nouvelles inventions et des compléments, PARIS, L.I.R., 1894.

L'architecture de Ph. DELORME est à la fois un livre de technologie élémentaire (les outils et leur usage), un livre de recettes (comment améliorer le tirage des cheminées), un livre de tracés professionnels (stéréotomie et charpente), un recueil d'exemples architecturaux (figures en perspectives) et de dessins techniques dimensionnés de type " projet ".

Le vocabulaire technique dont se sert Ph. DELORME est très proche de celui des carnets de VILLARD de HONNECOURT.

- PORTRAIT ou DESSEIN sont employés indifféremment pour figure.
- PORTRAIT est parfois écrit POURTRAIT (V. de H.), POURCTRAIT ou PROTRAIT (Ph. DELORME).
- PROTRAIT a chez Ph. DELORME le sens de faire une représentation graphique (art du trait).
- DESSIN s'écrit toujours DESSEIN ou DESSEING.
- DESSINER s'écrit DESIGNER ou DESEIGNER (les deux écritures se trouvent dans Ph. DELORME).
- UNE MONTEE est une élévation en géométral. Le terme est constamment employé par VILLARD, même pour des " élévations " en perspective déformée. Ph. DELORME y substitue parfois le terme savant d'ORTHOGRAPHIE (que nous retrouverons associé à celui d'ICHTOGRAPHIE chez MARLOIS et FREZIER).

Ph. DELORME emploie les coupes, ce qui n'est pas nouveau, mais les plans de coupe, sans être repérés, sont nettement déterminés. Les " montées " et les " plans " sont en correspondance de même que les montées et les profils. La figure 19 (Livre IX chap. VIII) illustre un chapitre sur les " aeolipyles " pour faire du vent dans les cheminées " et afin que vous connaissiez mieux comment elles se doivent appliquer aux cheminées j'en ai fait une figure ci-après, tant par le devant d'une cheminée, que du dedans " . Fig.19

La figure en question marque quelque embarras, Il manque au dessinateur un code pour représenter les parties cachées, (le pointillé sur la coupe n'est là que pour montrer la limite du pied-droit) et un code des coupes, le même semis de tirets est employé sur le fond de la cheminée et pour la coupe de la partie avant, mais la correspondance est respectée. On pourra comparer ce dessin à un dessin scolaire issu d'un ouvrage didactique actuel. Fig.20

Le dimensionnement pose aussi des problèmes. Hors des proportions modulaires dont nous reparlerons par la suite, on ne sait pas encore très bien comment faire figurer la dimension d'un bâtiment et surtout quelle unité employer. Ph. DELORME dans deux chapitres (Livre V chap. II et III) qui ne manquent pas d'humour énumère la litanie des toises, pieds, coudée, canne, aune, " et le pas, dit aussi des Latins passus, qui est de deux pieds et demi, lequel on prend ordinairement pour une demi-toise en s'efforçant un peu de la faire grand. Si l'on veut enjamber et marcher bellement, les trois pas feront la longueur de la toise de Roi, ainsi qu'on parle à Paris ", puis vient la palme, la brasse, la minute, l'once, le grain d'orge, les douze lignes qui font le pouce, et d'autres mesures comme stade, perche, arpent, etc...,etc... L'auteur propose une sorte de code pour s'y reconnaître. La figure 44 donne le dessin d'une porte à colonnes ainsi cotée. (Livre VIII chap. I) (1). Fig.44

Nous avons cherché dans les collections du LOUVRE quelques dessins d'architecture caractéristiques de cette époque.

---

(1) La Cote, du latin " quota ", partie, a d'abord été employée en cartographie pour indiquer sur un seul plan les profondeurs des fonds marins obtenus par sondage en des points repérés par triangulation (carte de VESCONTE, 1248), c'est encore ce que l'on trouve sur les cartes marines actuelles.

Par la suite, on a appliqué le même principe à ce qui se trouvait au-dessus d'un plan de référence (le niveau de la mer) en topographie militaire. Sur les cartes de CHATILLON (1655) on trouve un semis de points avec la cote inscrite à proximité. En 1738, Philippe BUACHE a l'idée de réunir par une ligne continue les cotes de même valeur, il obtient les courbes de niveau (même idée chez DUCARLA). Une autre solution est adoptée par MILLET et MUREAU : tous les points, quelles que soient leurs cotes, sont sur des alignements parallèles. Ce qui permet de tracer des profils à partir du plan.

Par un glissement de sens plus ou moins heureux, le terme est appliqué au XVII e siècle à la distance entre deux points d'une pièce dessinée. " Les proportions de cette petite pièce de canon de fonte de deux livres de balles sont marquées et cotées tant sur la pièce où sont les ornements que sur la coupe d'icelle qui est à costé " (Atlas de COLBERT, 1670 environ). Le dessin dont il est question ici représente un canon en vue extérieure, une coupe en correspondance avec la ligne de cote pointillée, flèches et lignes d'attache et " cottes " en pieds et pouces. Par surcroît le dessin porte une échelle. C'est donc prématurément que nous employons le terme à propos du portique de Philibert DELORME. On voudra bien admettre qu'il s'agit d'une simplification de langage.

L'autel gothique (1) est un dessin de l'école italienne non attribué et daté du milieu du XVe siècle, exécution à la plume et à l'encre brune, lavis brun sur traits à la pierre noire et à la sanguine (dimensions réelles : 0,37 × 0,28 m). Les tracés géométriques sont très fins, l'autel n'est qu'esquissé, on remarquera le mélange persistant de vue géométrale et de perspective cönique ; quelques notations dimensionnelles concernant la hauteur et la largeur de l'autel exprimées avec des unités non précisées (5,10 ; 66,9 (?)) ont été portées à la plume. Elles sont peu visibles sur la reproduction. Fig.21

Un autre exemple de dessin technique puisé dans les collections du LOUVRE est le projet pour l'encadrement d'un tableau d'autel de Ludovico CARDI (1600 environ) (2) (dimensions réelles : 0,37 × 0,23 m). Comme beaucoup d'architectes de l'époque, CARDI était aussi peintre. De nombreux dessins de sa main sont conservés au Musée des Offices à ROME. Cet " encadrement " est traité en lavis brun et bleu sur traits à la sanguine, encadrement et écriture à la plume et encre brune. Les annotations et les dimensions sont probablement dues au menuisier qui a exécuté le cadre, ce qui rend ce document particulièrement intéressant. Après avoir divisé la hauteur du cadre en dix parties, dont une subdivisée, le menuisier a pris deux divisions comme unité et exprime quelques-unes des autres dimensions en fonction de ce module, la graduation axiale servant d'échelle de référence. A remarquer la correction apportée aux montants du bas du cadre. Fig.22

Le dessin suivant (3) (dimensions réelles : 0,58 × 0,43 m) a dû être exécuté en 1670. Il fait partie de toute une liasse relative à la construction de la colonnade du LOUVRE. Ces dessins, sortis d'un atelier d'architecte non identifié (LE VAU (?)) (4), sont Fig.23

---

(1) Collections du LOUVRE, n° d'inventaire 2525.

(2) Collections du LOUVRE, n° d'inventaire 928.

(3) Collections du LOUVRE, n° d'inventaire RF 29934 bis.

(4) Dessins d'Architecture du XVe siècle, exposition du cabinet des dessins du Musée du LOUVRE 1972, page 25.

typiquement des dessins techniques d'exécution. Ils portent de très nombreuses annotations à la plume et encre noire sur toute la surface des feuillets. On relève sur le dessin de la figure des spécifications sur la provenance des pierres " Bon ban, St Cloud ", des dimensions en pieds et pouces en plus de l'échelle et des inscriptions diverses " eslevation du mur de la gallerie par bas " , " fasse " , " profil du mur " , etc... La comparaison de ce dessin avec un dessin technique de carnet d'appareilleur actuel fait ressortir le sens de l'évolution : les caractéristiques iconiques sont sensiblement les mêmes dans les deux cas, mais les renseignements codés et chiffrés sont considérablement plus développés dans le dessin actuel. Fig.24

Le recueil de planches des MAROT (père et fils), connu sous le nom de " Grand MAROT " (1), est plus didactique que technique. Il comprend 196 planches avec commentaires. Les auteurs font preuve d'une grande maîtrise de leur métier d'architecte et de dessinateur et jouent habilement de toutes les conventions. " Eslévations ", " plans ", " profils ", géométraux, se correspondent (le profil est comme dans tous les dessins de l'époque indifféremment à droite ou à gauche). Les coupes, bien que non repérées, sont employées à bon escient (les coupes horizontales passent au-dessus des appuis) avec hachures diversifiées. On voit apparaître des coupes arrachées (2) ; des interruptions, des rabattements. Tous les dessins ont une échelle en pieds et parfois des lignes de cotes (en pointillés fins) donnent des proportions. On peut noter comme un signe de transition que les graphies DESSIN, DESSEIN, DESSEING (desseing de la pensée de Monsieur Le MERCIER pour la principale entrée du LOUVRE) sont employées indifféremment. Par opposition aux géométraux, le terme de VUE ou VEÜE sert à désigner les élévations perspectives (3).

---

(1) MAROT (Père et Fils) : L'architecture françoise (1650), fac-similé, PARIS, FRAUCHEUX et Fils, 1950.

(2) UFANO (Diego) : Tratado de la artilliria, EN BRUSSELAS, 1613. UFANO emploie dans ses dessins les coupes partielles (canon f.36), les coupes totales, avec intersections (coupe d'une bombe f.374) et les "arrachés" (vue intérieure d'une bombe falsa).

(3) La distinction entre veüe et eslévation, profil et plan est nette chez MAROT. La même distinction est faite en cartographie : la veüe de TROIS-RIVIERES, carte du gouvernement de TROIS-RIVIERES levée par les ordres de Monseigneur le Comte de PONTCHARTRAIN, Eschelle de cent arpents, QUEBEC, 1709, est une élévation perspective.

Cent ans plus tard paraissait l'Encyclopédie (de 1751 à 1772 et supplément de 1776 à 1777, table analytique en 1780) (1) dont les planches sont des figures illustratives, non pour la simple raison qu'il s'agit d'illustrations en correspondance avec un texte, mais parce que, malgré la présence assez constante d'une échelle en pieds, en pouces ou en toises, les planches n'ont pas la prétention d'être des guides pour la réalisation. Si l'étalement de la publication sur plus de vingt ans et l'intervention de dessinateurs et graveurs divers (GOUSSIER, LUCOTTE, SOUBEYRAN, BLONDEL etc ...) font que la facture des dessins est assez variable, il apparaît cependant une nette distinction entre les dessins représentant des constructions maçonnées et les autres dessins. Les dessins d'architecture sont plus riches en renseignements que les dessins de mécanique. Par exemple, la planche sur le four à chaux donne "deux coupes horizontales (juxtaposées) ..., l'une prise à la hauteur de l'âtre et l'autre sur l'ouverture supérieure du four" avec hachures et pointillés. Les coupes par plans parallèles et les demi-coupes apparaissent beaucoup plus fréquemment dans les dessins d'architecture que dans les dessins de mécanique. Le repérage des coupes par un plan portant des lettres à ses extrémités se trouve dans une dizaine de planches, toutes ont trait à l'architecture. La planche XXV comporte "une élévation du côté de la cour et coupe du grand escalier pris sur la ligne AB". Les lettres A et B sont disposées suivant le sens du regard. On ne trouve pas dans les dessins de l'Encyclopédie d'exemple d'emploi de cette convention en dehors de l'architecture.

La thèse qui veut que la prééminence du dessin d'architecture sur les autres domaines techniques jusqu'à la fin du XVIIIe siècle soit due à la nécessité dans laquelle on a été de créer un système de conventions propre à la représentation des constructions de gros volume sans que ces conventions aient été récupérées par le dessin des pièces de petit volume, faute peut-être d'un enseignement unificateur et parce que la nécessité s'en faisait sentir faiblement (2), est confirmée par l'examen de dessins d'ensembles comportant un mélange de pierre et

---

(1) L'ENCYCLOPEDIE : Recueil de planches, sur les sciences, les arts libéraux et les arts mécaniques avec leur explication (édition en fac-similé), PARIS, Cercle du Livre, 1964, 6 tomes.

(2) Cf. La discussion sur la représentation des formes, infra, chap. 8.

de métal. Le Conservatoire National des Arts et Métiers a dans son fond de documents dit "portefeuille de VAUCANSON" un atlas relié contenant les dessins de la machine à feu de NEWCOMEN (1) que l'on peut dater de 1730 environ. Il est visible que le dessinateur s'est trouvé mieux armé pour présenter des renseignements certains sur le bâtiment destiné à recevoir la pompe que sur la machinerie elle-même. Par coupes successives (élévation de la machine à feu et de son bâtiment vue sur la ligne AB) avec rabats collés et couleurs conventionnelles au lavis, le bâtiment est décrit dans tous ses détails mais on apprend peu de choses sur la machinerie de NEWCOMEN. Dans la même collection on trouve les dessins originaux relatifs à l'enquête entreprise par Gaspard MONGE à la demande de la Convention sur l'art de fabriquer les canons (2), on peut dater ce travail de 1793. Cette sorte de reportage "photographique", complété par un cours de technologie sous forme de leçons, nous laisse la même impression que précédemment. Malgré le soin apporté au dessin des pièces mécaniques et les annotations rectificatives de la main même de MONGE :"toutes les parties coloriées en vert doivent être coloriées en bleu, elles sont de fer. Toutes les parties C et Q dans toute la figure sont de bois, toutes les autres parties sont de cuivre" (planche 71), on sent encore beaucoup d'incertitude quant aux règles à appliquer (absence de correspondance, correspondances variables). Par contre, les fours (dans les ateliers des citoyens PERIER Frères à CHAILLOT), planches 6, 10, 11, 17, 18, 19, 39, 40, sont remarquables de précision. La planche 10 est un dessin technique avec vues correspondantes, coupes repérées et échelle (levé et rapporté par BROCHIER, élève de RUINER). On peut demander pourquoi ces règles n'étaient pas généralisées et pourquoi on trouve encore des dessins d'ensembles mécaniques, pourtant assimilables à des ensembles architecturaux, dessinés un peu au hasard de l'inspiration. Nous tenterons de répondre à cette question dans un autre chapitre (3).

---

(1) C.N.A.M. portefeuille de VAUCANSON 276 n° d'ordre 46.

(2) MONGE (G.) : Soixante-dix-sept dessins originaux relatifs à l'art de fabriquer les canons par Gaspard MONGE, (avec légendes et texte), Portefeuille de VAUCANSON, C.N.A.M., 383 n° d'ordre 2.

(3) Cf. infra, chapitre 8.

3 - LE BOIS : MOULINS ET VAISSEAUX

Les constructions en bois : charpentes, moulins et vaisseaux, sembleraient poser, du fait de leurs dimensions, les mêmes problèmes que les constructions en pierre et auraient dû normalement s'appuyer sur des dessins techniques proches de ceux de l'architecture. Il n'en est pas allé ainsi pour les raisons suivantes : dans les constructions en bois les renseignements qui priment sont ceux portant sur les formes réelles des pièces et des assemblages. Pour les charpentes, toujours tributaires de gros oeuvre maçonné, les efforts ont surtout porté sur la recherche de méthodes de tracé par épures. En effet, les dimensions étant relevées sur la construction et les assemblages à utiliser faisant partie du bagage technologique du charpentier, l'acte essentiel consistait à rechercher les vraies grandeurs et les angles exacts. Alors que la construction d'un bâtiment nécessite une étude préalable (un projet) et un moyen de communiquer le contenu du projet aux exécutants ; la charpente et la menuiserie ne pouvaient, à cette époque, être déterminées à priori . C'est donc vers des méthodes propres à créer une information certaine à partir de données variables que l'on s'est orienté. Le "trait" rejoint ici la stéréotomie et justifie l'étude commune de ces deux formes de dessin. C'est ce que nous ferons par la suite.

Les moulins à eau et les moulins à vent répondent à une fonction unique : faire tourner un arbre principal. L'architecture n'a pas eu la possibilité d'évoluer beaucoup tant que le même matériau, le bois, a été employé. A partir du XIIe siècle, date approximative de l'apparition du moulin à vent dans nos régions (1), les solutions techniques se fixent sur quelques modèles issus d'une sorte de logique de la construction : moulins à tour, moulins caviers, moulins à pivot. Cette normalisation implicite conduit à une standardisation des solutions et des dimensions. Le moyen pour assembler les bras d'une roue sans entamer l'arbre que l'on voit dessiné sur les carnets de VILLARD de HONNECOURT (1250) se retrouve planche 9 du grand traité des moulins (1734) (2). Les magnifiques illustrations du

---

(1) COLLECTIF : Histoire générale des techniques, tome I, op. cité, p. 471.

(2) POLLY (J.) , VAN VOUREN (G.) : Groot Volkomen Moolenboek, AMSTERDAM, COVENS et MORTIER, tome I : 1734, tome II : 1736.

"grand traité" montrent les charpentiers constructeurs de moulins au travail avec de longues perches, des gabarits, probablement des tables de proportions. Une grande fidélite à un modèle transmis de père en fils rendait inutile la médiation dessinée aussi bien pour concevoir que pour construire. Le "grand traité", bien que finement dessiné à l'échelle, reste à mi-chemin entre la figure et le dessin technique. A. PONS, le préfacier de l'édition fac-similé des planches de l'Encyclopédie, prétend, à tort, que les dessins du "grand traité" sont les premiers sur lesquels figure une échelle (1). Par contre, il semble certain qu'avec la Cyclopaedia or Universal Dictionnary of arts and sciences de CHAMBERS (1740 environ) et bien sûr les planches de l'Académie des Sciences, le "grand traité" servit de modèle à DIDEROT pour son Encyclopédie (2). Fig.25 Fig.26

Les mêmes éditeurs avaient publié, dix ans auparavant, un traité d'architecture mécanique des moulins (3). Il est possible que les tracés de dentures en bois et les représentations d'assemblages de roues aient pu inciter les constructeurs de moulins à sortir de la construction qui leur était familière, à condition qu'ils aient eu la possibilité d'exploiter les renseignements ainsi mis à leur disposition. Rien ne nous permet d'affirmer que les traités de COVENS et MORTIER ont joué ce rôle. Pas plus que nous pouvons affirmer que les planches de l'Encyclopédie provoquèrent une mutation dans les façons de faire. Ainsi que l'ont souligné plusieurs commentateurs, l'Encyclopédie, comme tous les recueils et traités publiés à cette époque, fut "une splendide collection de procédés routiniers, une excellente enquête folklorique" (GILLE). Ils présentaient sous une forme graphique une technologie qui pouvait se transmettre alors que, déjà, c'est à une technologie qui puisse s'enseigner qu'il fallait penser.

La construction des navires s'apparente à celle des moulins. Si les modèles de la marine en bois jusqu'à la fin du XVIIIe siècle semblent nombreux, ils répondent tous à quelques règles de pro-

---

(1) On trouve des échelles sous la plupart des dessins de JOUSSE, MAROT etc... nettement antérieurs au "grand traité".

(2) Les planches sur les moulins à vent, article "Agriculture et Economie Rustique", sont directement inspirées du "grand traité".

(3) LINPERCH (P.) : Architectura mechanica of mooln-boek, AMSTERDAM, COVENS et MORTIER, 1727.

portions que l'expérience a données pour des optimums : rapport entre la surface de la voilure et celle de la maîtresse section transversale, rapport entre la longueur et la largeur, la hauteur et la largeur du bau, etc... Chaque chantier avait son style et ses dimensions d'où un usage limité du dessin ; la mémoire des proportions, la copie des formes bien connues y suppléant (1). Cependant, il serait difficile de soutenir que la construction navale ait pu évoluer comme elle l'a fait entre le XVIe èt le XVIIIe siècle sans le recours au dessin.

Un manuscrit du constructeur Matthew BAKER (1568) montre le travail des dessinateurs dans la salle de dessin d'un chantier de marine en Angleterre. Sur les plans de navires de cette époque, les membrures étaient dessinées soigneusement au compas, sans données mathématiques bien précises, on se fiait au coup d'oeil et à l'habitude. La ligne d'eau donnée par l'intersection de la coque avec le plan d'eau permettait d'avoir des points remarquables. Petit à petit, on multiplie ces lignes horizontales en se limitant d'abord à trois plans censés figurer les lignes de flottaison du navire à vide, sur lest et à pleine charge. Vers 1750, on trace jusqu'à 6 lignes auxquelles s'ajoutent les lisses qui sont des plans de coupe obliques (12 lisses par bord). Les maîtres-couples étant mis en place,on avait par ces plans des séries de points d'intersection,mais cela se faisait sans prendre appui sur une théorie générale. Ce n'est qu'après 1800 qu'on appliquera au tracé des coques les méthodes de la géométrie descriptive et qu'un rapprochement sera fait avec les relevés topographiques par courbes de niveau pourtant connues depuis 1738 (2).

Fig.27
Fig.28

BOUDRIOT (3) a reconstitué minutieusement les étapes de la construction d'un navire de guerre en bois dans les arsenaux de la marine vers 1780, depuis la commande jusqu'au lancement. Le point de départ est une donnée fonctionnelle assez inattendue mais primordiale : le nombre de canons. Les dimensions des affûts étant fixées par des tables et les espacements entre les affûts par les servitudes, la longueur utile des batteries s'en trouve déterminée et dès lors, l'ingénieur-constructeur est pris dans un réseau de proportions qui ne

(1) VINTRAS (A.) et BANSE (J.) : op. cité, p. 157.
(2) DUPIN (Ch.) : Géométrie et mécanique des Arts et Métiers, 3 tomes, PARIS, BACHELIER, 1825. DUPIN,traitant dans sa sixième leçon de géométrie (tome I, p. 227) de la construction des vaisseaux,écrit : "Il est essentiel de remarquer que la méthode ainsi décrite, ne supposant à la surface de la carène aucune figure particulière, peut s'appliquer non seulement à la construction des vaisseaux, mais à toute espèce de constructions civiles ou militaires. C'est un des exemples les plus heureux des avantages que présente l'application aux arts des propriétés que la géométrie découvre dans les surfaces."
(3) BOUDRIOT (J.) : Le vaisseau de 76 canons, traité pratique d'art naval, GRENOBLE, Coll.d'archéologie navale française, 1973.

lui laisse guère d'initiative (1). D'ailleurs,il s'y soumet d'autant plus que ces dimensions n'ont rien d'arbitraire et sont issues de l'expérience. Lui-même s'est constitué un portefeuille de dessins-types, rapports sur la marche des navires, notes de calcul, barèmes qui lui servent de formulaire. La partie graphique de son travail consiste à dessiner sur papier ou sur toile trois vues assez sommaires du vaisseau (ce sont plutôt trois épures) à l'échelle de trois lignes pour un pied, soit une échelle au 1/42e. La vue principale est une élévation qui s'accompagne d'une élévation transversale, la moitié gauche de l'élévation transversale montrant les couples avant et la moitié droite les couples arrière, avec lignes de flottaison et lisses. Une troisième vue en plan présente sur une moitié les lignes d'eau en plan et sur l'autre moitié les lisses ramenées dans un plan horizontal. Ces dessins sont soumis à un certain nombre de visas (ministère, inspection générale). Le reste du travail de l'ingénieur-constructeur concerne plus l'intendance : il calcule les cubages de bois nécessaires, chiffre les ferrures, gréments, voilures, accastillages, fait les devis, passe les commandes, vérifie la réception,etc...

Les plans sont remis aux maîtres-charpentiers qui reprennent les tracés à l'échelle grandeur sur le plancher de la salle des

---

(1) DUHAMEL du MONCEAU (H.L.) : Elémens de l'architecture navale, PARIS, JOMBERT, 1758, 2e édition.

DUHAMEL du MONCEAU, Inspecteur Général de la Marine, propose dans ses " Elémens " des barèmes de dimensions, sortes de tables de normalisation des 12 types de vaisseaux construits par les arsenaux de la Marine. Toutes les dimensions sont données en fonction de la longueur du maître bau (24 pages de chiffres).

Dans le chapitre II, l'auteur s'élève contre l'habitude d'agrandir ou de diminuer proportionnellement les dimensions et tente à la fin de l'ouvrage d'asseoir les règles de l'architecture navale sur des considérations moins empiriques.

A propos du tracé du maître couple, DUHAMEL du MONCEAU signale plusieurs méthodes :

- par la convexité des arcs,
- par les quarts de cercles,
- par le rapporteur,
- par les triangles,
- par les arcs de cercles.

Fig.29

Et il ajoute : " Ces petits changements sont regardés par quelques constructeurs comme très importants. Quand ils ont adopté une pratique, ils se croient en possession d'une méthode qui leur appartient. Ils s'imaginent avoir découvert le noeud de la construction et ils tâchent de se le conserver. Mais les habiles constructeurs ne les regardent que comme des pratiques qu'il est bon de connaître pour en faire usage selon les circonstances " (p. 256).

gabarits. Parfois ils ne dessinent que les couples principaux ou " couples de levée " . En ce temps là, les courbes qui peuvent être définies simplement, donc tracées, sont les courbes dans un seul plan (non gauches) ; en conséquence, on recherche des formes pouvant être obtenues par un tracé élémentaire (1). Par exemple, toutes les lisses, sauf une, ne sont courbes que dans un plan. A partir de ces tracés, les maîtres-charpentiers construisent les gabarits et règlent les fausses équerres ou biveaux. Pour conserver les réglages, ils les portent sur des " planchettes ". Les lisses sont matérialisées par des pièces de bois de sapin dont l'arête supérieure interne suit la ligne donnée par les points d'épure sur les maîtres-couples. Ces lisses jouent un grand rôle dans la construction, elles servent d'appui aux béquilles de maintien et de guide sur le chantier pour les constructions intermédiaires qui ne sont pas toutes pré-dessinées. Les charpentiers ajustent au mieux les pièces qui n'ont pas été tracées au sol en se servant de la " ligne à buquette ", de l'équerre et du fil à plomb. Ils travaillent à la scie et à l'herminette. Avec la raréfaction des beaux bois de construction et l'augmentation des dimensions des navires on se trouve contraint de procéder à des assemblages de morceaux courts chevillés et ferrés. Malgré le soin extraordinaire apporté à l'assemblage de ce qui ressemble à un puzzle, ces procédés sont à l'origine de graves défauts : alourdissement du navire, déformations et dislocations intempestives. La marine en bois arrive à la limite de ses possibilités et ne va pas tarder à disparaître. Au Musée de la Marine, la maquette d'un chantier de construction au 1/36e (2) donne clairement l'aspect d'un chantier de construction vers la fin du XVIIIe siècle. L'ingénieur-constructeur et ses sous-ingénieurs dessinent dans une sorte de roulotte à proximité du chantier et portent leurs plans sur les aires de traçage et de façonnage.

Fig. 28

L'outillage des ouvriers est rudimentaire, en plus des gabarits déjà cités on voit à terre des " planchettes " permettant de régler les biveaux (3) et des " lignes à buquettes " (ou brochettes) constituées par des bâtons fixés de pied en pied sur une corde, les

(1) Beaucoup de ces tracés étant des tracés en trois temps, on disait malicieusement qu'il suffisait pour être charpentier de savoir compter jusqu'à trois (d'après Hist. de la Marine).

(2) Musée de la Marine, 27 CN 10.

(3) Une statue de SAINT-OUEN à ROUEN (XIVe siècle) représente un architecte tenant en main une planchette marquée de traits rayonnants, ce qui semble indiquer que la pratique est ancienne et commune aux tailleurs de pierre et aux charpentiers.

bâtons sont taillés à la demande et servent de gabarit pour le tra-
[illegible] de pièces dont deux chants ne sont pas parallèles. Un personnage
a en main une règle graduée qui rappelle la " virga " des architectes
bâtisseurs de cathédrales.

En mai 1974 s'est ouverte, au Musée de la Marine, une remarquable exposition présentant " 600 ans de constructions navales ". Le premier document exposé au Musée qui soit sans conteste un dessin technique est le plan avec proportions d'une galère ordinaire de 26 bancs provenant des archives du port de Toulon (1740). Le catalogue complet des pièces exposées a été publié dans un numéro spécial de la revue "Cols bleus " et la " Revue historique des armées " a consacré son n° 1 (1) à des monographies sur le sujet. A cette occasion, la Revue historique reproduit (2) cinq des dix-huit plans et épures inédits de la flûte l'OROX, navire de 300 tonneaux, 110 pieds de quille, 32 pieds de bau et 14 pieds 6 pouces de creux dus à CESTAIN, constructeur de l'arsenal du Hâvre (1732).

Dans notre hypothèse d'une relation entre dessin et structure de production, ces dessins confirment ce que nous avons dit du rôle du dessin en construction navale. Les dessins de la galère de 26 bancs (1740), très semblables aux dessins de M. BAKER (1568), permettent de penser qu'entre ces deux dates la technique de construction et les structures de production se sont peu modifiées. Fig.28

Nombreuses sont les figures illustrant des ouvrages traitant de la marine, comme le manuscrit du Chevalier BARRAS de LA PENNE (3), capitaine des galères, où l'on peut admirer les détails intérieurs d'une galère en coupe avec matelots, barriques, etc..., trois coupes transversales, deux " veûes " avant et arrière, et les 71 noms de toutes les pièces de bois nécessaires à la construction d'une galère. Le tout réhaussé de couleurs au lavis avec " eschelle en toises " (et traduction en [illegible] certainement surajoutée). Même minutie dans le Grand Atlas dit " de COLBERT " contenant " les différentes manières de vaisseaux que l'on voit dans les Havres et Ports qui se vouent au Commerce des sujets de sa Majesté ". C'est une sorte de catalogue des navires, mais on ne peut parler de dessin technique, bien que les dimensions et correspondances entre les vues soient scrupuleusement respectées (exemple : plan du vaisseau " La Renommée ", vues de dessous au-dessus de la vue de face, correspondance marquée par des lignes pointillées fines). Une citation de COLBERT est à rapprocher de ce que nous disions des modèles de cathédrales. Dans son ordonnance à ses intendants aux arsenaux (1679), COLBERT indique :

---

(1) COLLECTIF : 600 ans de constructions navales, Revue historique des armées, 1974, n° 1.
(2) pp. 70-75.
(3) BARRAS de LA PENNE : La science des Galères, MARSEILLE, 1697, (d'après Musée de la Marine).

" L'intention du Roy est qu'il soit fait, en chaque arsenal, des modèles en petit d'un des vaisseaux de chacun des cinq rangs dans lesquels les mesures seront réduites au 1/12e de toutes leurs proportions et mesures ; et il faudra que ces modèles soient faits avec autant d'exactitude et justesse qu'ils servent perpétuellement pour les mesures et proportions à tous les vaisseaux qui seront construits dans l'avenir ; il sera nécessaire aussi de faire de pareils modèles pour les frégates et pour tous les autres bastiments dont on se sert..." .

COLBERT, dont on connaît les tendances, cherche à trouver les meilleurs plans, les meilleures formes de vaisseaux ; veut comparer les travaux des constructeurs français des divers ports, BREST, ROCHEFORT, TOULON, mais aussi des étrangers. Il voudrait, comme le fera aussi SEIGNERAY, codifier les types, normalisés conformément au meilleur tracé. " (1).

Malgré le peu de renseignements que nous ayons sur la construction des navires, nous retrouvons ici une constante épistémologique que nous aurons l'occasion d'approfondir en traitant des constructions mécaniques. Les premiers vaisseaux réussis jouant le rôle de modèles matériels sont d'abord copiés, puis, par une induction faible, on dégage quelques règles dimensionnelles (proportions) ou technologiques (choix des matériaux, disposition des mâts, de la voilure). Quand ces modèles inductifs faibles sont susceptibles d'une codification graphique, la création dessinée se substitue partiellement à la création tridimensionnelle directe. Le processus renouvelé plusieurs fois donne des modèles forts ou lois générales dont les premières apparaissent vers 1690. (P. HOSTE S.J. : Théorie de la construction des vaisseaux, 1697). Les études se multiplient au cours des siècles qui suivent pour aboutir à une modélisation si parfaite qu'aujourd'hui certaines formes de navires sont calculées et tracées à l'ordinateur. Fig.166

(1) COLLECTIF : Histoire générale des techniques, op. cité, tome II, p. 386.

4 - LE BRONZE : CLOCHES ET CANONS

Un exemple intéressant et peu connu de la liaison entre dessin et modèle physico-mathématique concerne la fabrication des cloches. L'origine des cloches est ancienne mais imprécise. Les Hébreux, les Perses, les Grecs, les Romains, faisaient usage de cloches et de clochettes. On peut admettre que l'usage de grosses cloches dans les églises n'est pas antérieur au VIe siècle, mais au Moyen Age il y avait une grande variété de cloches : écuelles ou esquilles, cymbales, campanes et campanelles, noles et nolettes, etc... Les bourdons ou très grosses cloches destinés à produire des sons puissants et graves remontent aux XIIe et XIIIe siècles (1).

Les cloches étaient fondues ou réparées sur place pour des raisons évidentes de difficulté de transport par des fondeurs d'airain ambulants dont le corps de jurande date de 1281. Les proportions du " cuivre composé " et les dimensions à donner aux cloches pour obtenir une sonorité convenable étaient tenues strictement secrètes et se transmettaient de père en fils dans les familles de fondeurs. Il y avait encore à Paris au siècle dernier une fonderie de cloches vieille de six siècles : la fonderie OSMOND-DUBOIS ; quant à la fonderie PACCARD d'Annecy-le-Vieux, elle s'honore d'être l'héritière d'une longue tradition " transmise de père en fils depuis six générations " .

Il faut savoir, à propos des cloches, que la tonalité est essentiellement fonction de la masse et accessoirement du profil. Une cloche de 1800 Kg de 1,417 m de diamètre à la base, au profil " normal ", donne comme son fondamental un Do dièse (ou Ré bémol). Très tôt, une recherche tâtonnante semble avoir fixé les proportions des diverses parties d'une cloche pour obtenir une sonorité convenable. Dans ces conditions, il devenait possible de concevoir un modèle d'où tous les paramètres découleraient d'une valeur et d'une seule : son fondamental, ou poids, ou module. Ce fut le poids que l'on retint. Le premier dessin que nous ayons se trouve dans les carnets de Ghiberti BONOCCORSO (1450). L'échelle de BONOCCORSO donne (2), en fonction de la masse, la dimension du " module " qui est l'épaisseur du métal à Fig.30

(1) MULLER (A.), ROGER (P.), FRÉMONT (Ch.) : Evolution de la fonderie de cuivre, PARIS, RENOUARD, 1903.

(2) Manuscrit de la B.N. de FLORENCE, 228 C 51V.

l'endroit où le battant frappe la cloche. A partir de ce module il était possible de dessiner, par une série de reports proportionnels, le profil de la cloche et, par conséquent, de découper les gabarits ou trousseaux nécessaires à la fabrication du moule.

Le procédé est confirmé par BIRINGUCCIO (1550) qui donne dans sa pyrotechnie une échelle semblable à celle de BONOCCORSO mais accompagnée d'explications (1) : Fig.31

"Pour raison de quoy, les Maistres ont fait un certain pourtraict qu'ils ont appelé l'eschelle campanaire, avec laquelle, commençant aux petites cloches de dix livres, vont montant de degré en degré, jusques à ce qu'ils les peuvent rendre à vingt-cinq ou trente milliers".

La présence d'une équerre et d'un compas à pointes sèches sur la figure est justifiée par la suite du texte qui donne avec précision la marche à suivre pour dessiner sur le papier le profil d'une cloche. Les fondeurs ne recommençaient pas un tel tracé pour chaque coulée, ayant obtenu quelques gabarits pour les modèles les plus demandés, ils pouvaient les utiliser par la suite à l'occasion sans avoir à refaire les tracés. Le texte de BIRINGUCCIO n'en prend que plus de valeur : "afin que plus facilement vous entendiez l'ordre, il faut retourner à l'équierre, avec lequel vous ferez au dessus du papier une ligne, sur laquelle, pour faire votre hauteur, vous entendrez quatorze fois mesure que par l'espesseur du bort vous est donné par l'eschelle campanaire au respect du poids. Puis, droictement sur le pied, en mettrez six et demie au-dessus d'une ligne qui traversera pour faire la largeur. Et sur la sommité, aura une autre ligne, sur laquelle vous estendrez la moitié de la hauteur, qui feront trois et demy d'une chacune part, etc...". A l'appui de cette marche à suivre, BIRINGUCCIO présente une figure sur laquelle on voit, sur un papier fixé sur une planche, l'amorce du tracé comme indiqué. Une autre figure du même auteur montre le tracé achevé avec une sorte de coupe et le battant en correspondance, les dimensions du battant découlant, elles aussi, du module de base. Nous trouvons ici, presque subrepticement, au milieu de figures diverses montrant le fondeur au travail ou les différents montages des moutons des cloches, d'utiles

---

(1) BIRINGUCCIO : La pyrotechnie, 1550, trad. française, ROUEN, 1627. Reproduit dans MULLER (R.) : Evolution de la fonderie..., op. cité.

précisions sur la phase dessinée telle qu'elle se pratiquait alors (1550). En l'occurence, il s'agit plus d'une épure que d'un dessin technique au sens plein du terme puisque le résultat vise à une recherche de formes précises à partir d'une information extérieure. Le terme de " pourtraict " employé par le traducteur de BIRINGUCCIO a peut-être là un sens plus restrictif que celui généralement admis auparavant (V. de HONNECOURT, Ph. DELORME). Le pourtraict serait un dessin pour tracer (pro tractum), un dessin pour le trait, autrement dit une épure.

Le calibre d'une cloche, gravé par J.P. LE BAS (1) que l'on peut dater du début du XVIIIe siècle (1727 ?), porte une échelle campanaire (brochette ou bâton de Jacob) disposée différemment de celles des vues précédentes, mais les proportions indiquées sur la figure (en relation avec un texte que nous n'avons pas) sont les mêmes que celles de BIRINGUCCIO. Fig.32

La même figure se trouve dans l'Encyclopédie (1753) à l'article fonte des cloches. Le tracé est repris, trait pour trait, dans le cours de dessin de MARTIN (2), et le profil des cloches fondues de nos jours ne diffère guère de celles du XVe siècle (3). Ceci est explicable par le fait que les cloches sont probablement très proches du modèle physique que l'on pourrait obtenir si une étude déductive était possible. Jusqu'ici, on se base encore sur l'expérience empirique : " ces modèles sont exécutés à l'aide de profils tracés par nous en tenant compte de l'expérience, expérience qui nous a permis de trouver des profils assurant les qualités harmoniques désirées " (BLANCHET et Cie). Le seul changement intervenu se situe au niveau des procédés de reproduction des profils, la photographie se substituant parfois aux tracés manuels. Pourtant quelques recherches pour remplacer les modèles empiriques par des modèles plus scientifiques ont été tentées (comme d'ailleurs sur un certain nombre d'instruments de musique). On sait que les influen- Fig.33 Fig.34

---

(1) d'après PEIRA (P.), op. cité, figure 20, p. 44.

(2) MARTIN (G.) : Cours de dessin industriel (planches), LE HAVRE, LECLERC, 1889.

(3) "... au sujet des tables de proportions permettant d'établir les profils intérieurs et extérieurs des cloches, les documents dont nous disposons sont comparables à ceux trouvés dans les ouvrages anciens". Lettre du 20-3-73 de la direction des Fonderies BLANCHET à l'auteur.

ces réciproques des différents paramètres sont tellement subtiles que jusqu'alors on s'est cantonné dans ce qu'on pourrait appeler un empirisme raisonné avec support graphique (1).

5 - UN EXEMPLE DE GRAPHISME TECHNIQUE : LE TRAIT

Nous avons déjà abordé le chapitre du "trait", c'est-à-dire des tracés de charpenterie et de stéréotomie en indiquant qu'indépendamment des documents dont nous pourrions disposer, nous avancions comme hypothèse que toute construction ayant le caractère d'un projet "précogité" (Ph. DELORME) appelait une médiation dessinée. Un tracé classique en charpente est celui des formes elliptiques que l'on rencontre dans les pièces d'angles. Au XVIe siècle, de telles pièces se nommaient "cherches rallongées" (2). Philibert DELORME intitule le chapitre IX du livre X des "nouvelles inventions pour bien bastir" (1567) : pour cognoistre comme il faut faire les courbes sur le coing et toutes les cherches rallongées pour faire les droupes des couvertures". Ces différents tracés (chapitres X et XI) sont tous des tracés pratiques certainement très proches de ceux en usage effectivement sur les chantiers. Certes, Ph. DELORME ne semble pas s'apercevoir que ces différents tracés de cherches sont fondamentalement les mêmes et qu'une théorie commune en simplifierait l'exposé, mais il faut voir que DELORME s'adressait à des ouvriers certainement plus accessibles à ces sortes "d'études de cas" bien typés qu'à même de reporter sur des cas particuliers une méthode générale. On a souvent reproché aux auteurs de ce temps de se perdre dans un fatras de solutions particulières. Or, une lecture attentive de Ph. DELORME, le compas et l'équerre à la main, nous laisse penser qu'il s'agit là d'une approche adaptée à un certain public ; approche d'où un didactisme bon enfant n'est

---

(1) "Vous savez que ce n'est qu'en 1935 que l'on fait pour la première fois l'étude du système vibratoire des cloches. Ce n'est qu'en 1936 qu'ont été fabriquées des cloches dont les huit premiers partiels étaient accordés. En 1937, nous avons sorti les profils progressifs, profils permettant de donner une intensité voisine à 2 cloches distantes de 4 octaves. Tous ces profils ont demandé des milliers d'essais. Nous avons dans nos cahiers le résultat de plus de 7000 dessins différents". Lettre des Fonderies PACCARD à l'auteur (27-3-73).

(2) "Cherche" ayant probablement pour origine le terme italien cerchio (cerceau) rappelant qu'un procédé simple (conseillé par JOUSSE) consistait à prendre une longue latte de bois, flexible, et à la plier pour lui donner une forme approximativement elliptique.

pas exclu (1).

" L'exemple pris des combles et courbes rallongées appliquées aux croupes des pavillons qui sont sur la chapelle et escalier au château de la Muette de Saint-Germain-en-Laye"constitue la "figure déclarative" du chapitre XI. Fig.35

Mathurin JOUSSE, un siècle après Ph. DELORME, publie coup sur coup deux ouvrages considérables (2). On s'est interrogé sur la personnalité du rédacteur : était-il un humble serrurier (DESTAILLEURS), ou architecte et ingénieur de la ville de LA FLECHE comme l'indique l'édition de 1751 de "l'art de la charpenterie" ou un prête-nom pour un moine de la ville ? Toujours est-il que "l'art de charpenterie" est indiscutablement l'oeuvre d'un praticien. Rédigé sous forme de petites leçons, l'auteur s'adresse, suivant les circonstances, soit à l'apprenti, soit au compagnon confirmé. Dans son avant-propos de la réédition de 1751, LA HIRE reprend cela à son compte en écrivant : "J'ai cru que je ferais plaisir au Public de lui communiquer ce que mes soins et mon travail m'ont acquis dans cet art, afin que les architectes qui ont la conduite des bâtiments, fussent plus en état de pouvoir faire exécuter leurs desseins et que les ouvriers qui ont un grand désir de se perfectionner, y puissent trouver les règles exemptes de toute erreur, puisqu'elles sont fondées sur les principes de la Géométrie. Mais étant très persuadé que dans ces sortes d'Arts on s'instruit bien mieux et plus facilement à la vue des figures qui représentent ce qu'on doit faire, que par de longs discours, et comme la plupart des ouvriers n'ont pas toujours toute l'intelligence nécessaire pour l'entendre parfaitement, je me suis attaché principalement dans ce Traité à donner des Figures des ouvrages qui sont le plus en usage dans les bâtiments n'ayant pourtant pas tout à fait négligé d'y

---

(1) Les solutions que je viens de vous présenter, dit à peu près Ph. DELORME, sont des solutions des cas simples. Si vous en rencontrez de plus difficiles " il faudrait faire autrement. Mais il se trouvera assez de gentils esprits qui y sauront donner bon ordre : qui ne l'entendra, faut qu'il demande conseil. Ainsi que les choses se présenteront je montrerai comme il les faudra faire espérant que tous ouvriers quelque peu d'esprit qu'ils aient m'entendront incontinent pour s'en bien savoir aider." (Des nouvelles inventions, chap. XI, pp. 289-290).

(2) JOUSSE (M.) : La fidelle ouverture de l'art du serrurier, LA FLECHE, GRIVEAU, 1627, réédition en fac-similé en 1874 avec une note historique de H. DESTAILLEURS;
JOUSSE (M.) : L'art de charpenterie, LA FLECHE, GRIVEAU, 1630 (?), réédité en 1751 (JOMBER édit.), corrigé et augmenté de ce qu'il y a de curieux dans cet art et des machines les plus nécessaires à un charpentier par M. de LA HIRE.
Les ajouts de LA HIRE sont facilement décelables.

apporter les instructions et les explications que j'ai cru nécessaires pour leur parfaite intelligence ; en sorte que je suis persuadé que les plus habiles dans cet Art et les Apprentis y trouveront chacun de quoi se satisfaire."

Ensuite LA HIRE avertit les jeunes gens qu'ils doivent en plus de qualités physiques savoir les principes de la géométrie et de l'arithmétique et de préférence la mécanique. Ce souhait semble plus être le reflet du siècle de LA HIRE que de la pensée de JOUSSE qui, tout au cours de l'ouvrage, reste très proche de ce que nous avons déjà rencontré chez Ph. DELORME. Le souci de l'auteur est surtout d'être pratique et utile. Son ouvrage se développe sous forme de courtes leçons traitant des outils, de leur affûtage, des tracés, des calculs professionnels simples, du marquage des bois, etc... " Lorsqu'on veut faire la charpente de quelque édifice que ce soit, il faut premièrement prendre les mesures de la place, tant en longueur qu'en largeur, avec une Règle ou Perche et savoir de celui qui le fait faire quel assemblage il y veut, et en faire un dessein très exact lequel vous montrera la quantité et la grandeur du bois nécessaire pour l'accomplissement de l'ouvrage ; ce qui se pourra voir facilement par le moyen de la toise marquée B, qu'on met au bas du dessein qui sera réduit au petit pied sur la grandeur de la place et par ce moyen vous pourrez librement marchander et faire un prix raisonnable avec celui qui veut faire ce bâtiment. " (p. 37). Au sujet de la " toise marquée B " qui est une sorte d'échelle sous les figures, JOUSSE demande de ne pas trop s'y fier, le papier ayant pu se déformer lors de l'impression, ce qui indique qu'il s'agit bien d'un ouvrage destiné aux praticiens. Les explications restent très linéaires. Le discours conduit la main lors des tracés préconisés. Par exemple, " pour cintrer un lien, il faut diviser sa longueur en deux parties égales, du côté le plus long après qu'il est assemblé, et tirer un trait d'équerre par le milieu et diviser la largeur sur cette ligne en trois parties égales et en ôter une par le milieu qui sera la profondeur que doit avoir le cintre d'un lien. Le point de ce cintre se trouvera par le moyen des trois points donnés, ce que je montrerai en un autre lieu en parlant de la courbe rallongée. " (p. 33).

Pour le tracé de la cherche ou courbe rallongée, la méthode est exposée de la même façon, comme un ordre opératoire que nous résumons ici sous une forme probablement très proche de celle que le charpentier " mémorisait " et conservait toute sa vie professionnelle. Après avoir préparé le tracé, soit à l'échelle réduite sur papier, soit à l'échelle un sur une aire de traçage :

1 - diviser la sous-aiguille en parties égales, Fig.36

2 - mesurer AB,

3 - porter AB sur le plan,

4 - mesurer A'B,

5 - reporter A'B au niveau considéré,

continuer de même pour chaque niveau. Ceci donne le rallongement des grandes courbes, escaliers et jambages.

Par rapport aux ouvrages de ses prédécesseurs, l'art du trait de charpenterie de Nicolas FOURNEAU (1), maître charpentier à ROUEN, ci-devant conducteur de charpente et démonstrateur de trait à PARIS, ne marque pas une évolution importante, bien que dans son approbation l'Académie des sciences constate que " l'auteur a employé avec beaucoup de sagacité les diverses sections coniques, tant simples que composées, ainsi que la pénétration des corps ". FOURNEAU recommande de reproduire les " épures " (ou épurs) (2) pour bien les comprendre, les " figures étant beaucoup plus parlantes que le texte " ; il conseille aussi de faire de " petits modèles " de constructions Fig.38 comme celle de la courbe rallongée qui est appelée " élips " ou " ellipse ". De LA RUË (3) donne une méthode intéressante en ce sens qu'elle a, intentionnellement, une portée générale. Il s'agit en effet de la résolution du problème suivant : " un diamètre étant donné, tracer dessus une cherche surbaissée par des points cherchés, suivant un arc en plein cintre ". Le cas de la cherche d'angle n'est plus qu'un cas particulier de la solution donnée par de LA RUË. Mais il s'agit tou- Fig.37 jours de constructions à plat avec report des dimensions d'un tracé à l'autre. La différence entre ce tracé et celui que l'on fait actuelle- Fig.39 ment est peu apparente quant au résultat. Elle est fondamentale quant Fig.40 aux théories sous-jacentes.

Avant de présenter quelques considérations d'ensemble sur la pratique du trait des origines aux approches de la fin du XVIIIe siècle, il convient d'apporter une note complémentaire sur la stéréotomie. Comme nous l'avons vu, les plus anciennes épures concernant la coupe des pierres sont celles trouvées dans les carrières de GEBEL-ABOU-FEDAH (4). Si les Egyptiens n'avaient à leur disposition qu'une

---

(1) FOURNEAU (N.) : L'art du trait de charpenterie, ROUEN, DUMESNIL, 1767.

(2) " Les charpentiers ayant pour principal instrument le fil de plomb sont obligés de tracer leurs dessins sur une aire horizontale qui n'est autre que le sol même convenablement choisi et préparé. Ces dessins portent le nom d'étalons quand ils ne renferment que les lignes milieux ou les projections des axes des pièces, mais quand il y a les épaisseurs, les dessins prennent le nom d'épures " (LEROY, 1890).

(3) De LA RUË (J.B.) : Traité de la coupe des pierres, PARIS, Imprimerie Royale, 1728.

(4) COLLECTIF : Description de l'Egypte, Antiquités, tome IV (1809-1822), op.cit.

géométrie rudimentaire qui ne leur permettait qu'une recherche d'angles simples pour des pierres angulaires, réciproquement nous pouvons soutenir que le type de construction ne nécessitait pas un " trait " plus évolué, le dessin technique étant, à notre avis, indissolublement lié à la construction (1). Ainsi, les traces matérielles de la construction au Moyen Age, essentiellement les édifices religieux et militaires, permettent d'affirmer que les appareilleurs avaient de bonnes méthodes de tracé, même si aucune trace matérielle de leur " trait " n'a été conservée. Par contre, aux XVe et XVIe siècles, des fautes grossières apparaissent dans la recherche des coupes, ces fautes sont attestées par les rattrapages (pierres " retondues ") qui ont dû être faits une fois la pierre posée (de LA GOURNERIE) (2). Si nous étions mieux documentés sur cette période, il y aurait lieu d'examiner les causes de cette anomalie, car il est exceptionnel de se trouver devant des constructeurs travaillant " au-dessus de leurs moyens ", pourrait-on dire. A titre d'hypothèse nous avancerons que, la Renaissance ayant provoqué un bouleversement profond dans les méthodes de travail et dans le volume des constructions, il est possible qu'une rupture dans le système auto-régulant d'adaptation et de diffusion des techniques graphiques se soit momentanément produite.

Quand, en 1567, Philibert DELORME publie son traité d'architecture qui est le premier traité de stéréotomie connu, la crise s'est estompée ; pourtant DELORME rappelle que " tous les jours se voyent plusieurs donneurs de portraits et faiseurs de desseings dont la plus part n'en scauroit bien trasser ou descrire aucun, si ce n'est par l'aide et moyen des peinctres qui les scavent plus tôt bien farder, laver, ombrager et colorer que bien faire et ordonner avecque toutes leurs mesures " (3). La méthode d'exposé de DELORME, en ce qui concerne la stéréotomie, est la même que celle adoptée pour la charpente. Il procède du simple au complexe, par l'étude de cas sans lien ni règle

---

(1) Thèse confirmée par QUATREMÈRE de QUINCY : " Il y eut sans doute réciprocité d'influence, en Egypte, entre les matériaux et les procédés de la construction, entre la simplicité des moyens et la simplicité de la fin qu'on se proposait ; enfin, entre l'invention des architectes et l'exécution des constructeurs. "
QUATREMÈRE de QUINCY : De l'architecture égyptienne, PARIS, BARROIS, 1803.

(2) LA GOURNERIE (J. de) : Discours prononcé au Conservatoire Impérial des Arts et Métiers, le 14 novembre 1854, PARIS, MALLET-BACHELIER, 1855.

(3) DELORME (Ph.) : De l'architecture, op. cité, tome I, chap. X, ft.20, V°.

générale (1) en s'astreignant toujours à donner des tracés directement exploitables sur le chantier. Par exemple, le tracé élémentaire d'une voûte biaise nécessite de connaître en vraie grandeur la forme des faces en contact, telles que IR et les vraies grandeurs des angles. Dans notre vocabulaire actuel nous dirions qu'il suffit de rabattre le plan contenant la face IR pour le rendre horizontal, dans cette rotation Fig.42
les points comme 15 et 13 et 19 et 16 restant dans les mêmes plans verticaux parallèles au plan frontal, comme l'apprend tout apprenti Fig.43
de nos jours. Ph. DELORME se limite à l'exposé répétitif d'une méthode à la règle et au compas qui nous paraît sans portée générale, mais qui correspondait effectivement aux besoins de l'appareilleur qui traçait à l'échelle " grandeur nature ", au sol, avec le compas et la règle, sans le té pour matérialiser les plans verticaux contenant 15 et 13 et 16. L'idée de correspondance est visiblement absente de l'esprit de DELORME qui, dans des tracés plus complexes comme celui de la célèbre " TROMPE D'ANET " (p. 93, livre III), en arrive à un indescriptible fouilli de traits du fait de la méthode des reports au compas. Mais, répétons-le, il est possible que cette méthode ait été la plus opératoire sur le chantier.

La pratique du trait à preuves par Abraham BOSSE (2) a souvent été critiquée pour son manque de clarté et la complexité de ses traits. BOSSE était en fait un graveur en taille douce et il n'a fait que publier le travail de son ami DESARGUES qui d'ailleurs donne, dans une lettre en tête de l'ouvrage, sa caution à BOSSE. Un essai de généralisation apparaît dans l'appellation, souvent reprise par BOSSE, de " méthode universelle ". Mais, par contre, l'intervention possible d'une " géométrie théorique " est réfutée par BOSSE (3) : " Il faut que je vous déclare pourquoi c'est que Monsieur DESARGUES, par exemple au lieu de dire plan d'une ville, d'une maison, d'une porte, dit l'assiette d'une ville, d'une maison, d'une porte,... c'est qu'il y aurait confusion avec le plan de la géométrie théorique " (p. 7). L'universalité de la méthode tient à ce qu'on se réfère toujours à trois angles existants réellement ou théoriquement. Angles qui peuvent

---

(1) DELORME a pourtant été conscient de la nécessité de " principes et méthodes " (p. 71), mais ses explications ne s'évadent guère du cas particulier.

(2) BOSSE (A.) : La pratique du trait à preuves par Monsieur DESARGUES Lyonnais pour la coupe des pierres en l'architecture, PARIS, 1643.

(3) Contradictoirement, DESARGUES soutiendra par ailleurs avoir voulu s'appuyer sur la géométrie théorique.

être pris à la fausse équerre ou beveau (1). Les trois angles sont :

- l'angle de la face et de la route nivelée PAN (Biais) Fig.41
- l'angle de la face et du niveau HBG (Talus)
- l'angle de la face et du chemin HBD (Rampe)

" Quand niveau et chemin sont unis comme feuilles d'un livre on ne considère que niveau et face... quand il y a du biais, de la rampe ou du talus, alors tous les panneaux de chaque pierre ne doivent pas être à l'esquierre ou à droits angles et lors il y a quelque opération particulière à faire " (p. 36). Les opérations particulières se présentent toujours comme une suite de constructions à plat. Une application de la méthode est le tracé des panneaux (2) et le réglage des équerres pour le pied-droit d'une porte biaise.

Le texte explicatif de BOSSE est donné en note (3). L'appellation " trait à preuve " est justifiée par le fait que certains tracés apparemment superflus constituent une vérification de l'exactitude du tracé.

Pour des tracés plus complexes comme celui des berceaux, BOSSE pratique ce que nous appellerions aujourd'hui des changements de plans de projection avec une symbolique curieuse : essieu, sous-essieu

---

(1) BEVEAU, BEUVEAU ou BIVEAU : fausse équerre dont une des branches pouvait être courbe.

(2) PANNEAUX, MOLES, GABARITS : découpes en bois ou carton donnant la vraie forme des faces biaises d'une pierre.

(3) Recherche des panneaux du pied-droit d'une porte (BOSSE) :
- Tirez à la règle une ligne PAB.
- Mettez au long de cette droite par exemple à un point A, l'une des jambes du beuveau des faces et route nivelées et tirez au long de l'autre jambe une droite AN.
- Prenez en cette droite AN un autre point que A, par exemple N, et par ce point là menez à travers la droite AB une droite NBH qui lui soit perpendiculaire.
- Mettez le coin du beuveau des faces et niveau HBG au point B et l'une de ses jambes au-delà de la droite AB le long de la droite BH et tirez au long de l'autre jambe une droite BG.
- Tirez du point N jusqu'à la droite BG une droite NG parallèle à la droite AB.
- Tirez du point N une droite NL perpendiculaire à la droite AN.
- Ouvrez le compas de B en G, puis en le tournant sur le point B, allez avec son autre pointe faire un point E en la droite HBN, menez la droite AE.
- Ouvrez le compas de N, en G, puis en le tournant sur le point N, allez faire avec son autre pointe un point L, en la droite NL et menez la droite AL.
- L'angle BAE est le panneau des faces nivelées et arête du pied-droit.
- L'angle NAL est le panneau de route nivelée et arête du pied-droit.
- Et si vous avez été précis en l'opération les droites AL et AE sont égales entre elles.

ADDITIF AU TROISIEME PARAGRAPHE DE LA PAGE 43

Ainsi, les conseils donnés par BLANCHARD au début de son ouvrage sont surtout une incitation à bien suivre les tracés qu'il préconise (1) :

" Ceux qui ne seront pas versés dans la science des traits propres à la charpente et menuiserie ne peuvent espérer d'avoir la satisfaction par la vue de mes écrits (...) s'ils ne prennent la peine dans la lecture qu'ils en feront, de suivre l'ordre que j'ai tenu, en commençant par où j'ai commencé, et en finissant par où j'ai fini...

Finalement, je ne me suis point appliqué dans ce traité à plaire au lecteur par des paroles choisies ayant à traiter sur un sujet aussi important aux ouvriers curieux qu'est celui d'apprendre les Arts afin qu'ils ne soient plus obligés à l'avenir d'avoir recours à ceux d'entre eux qui voulant passer pour savants y ont si peu de connaissances qu'ils ne peuvent eux-mêmes arracher que des lambeaux. Je me promets que par l'expérience que vous ferez de mes écrits vous parviendrez à la perfection de ces ouvrages ".

---

(1) BLANCHARD (E.), Maître-menuisier : Traité de la coupe des bois pour le revêtement des voûtes, arrière-voussures, trompes, rampes et tours rondes utiles aux arts de la charpente, menuiserie et marbrier, PARIS, JOMBERT, 1729.

(le sous-essieu jouant le rôle d'une ligne de terre), contre-essieu. De LA RUË dans son traité de la coupe des pierres (1728) (1) reprend en plus clair les mêmes traits que Ph. DELORME. Les tracés sont rendus complexes par le fait que de LA RUË, restant tributaire de la géométrie plane, ne se sert pas des correspondances et doit donc reporter les dimensions d'un dessin sur l'autre.

En 1737-1739, FRÉZIER (2) publie un ouvrage qui participe d'une approche différente de celle des auteurs précédents. Il emploie les projections horizontales et verticales pour définir les voussures mais il conserve la géométrie plane pour les " explications démonstratives ". FRÉZIER est très critique vis-à-vis de tous ses prédécesseurs, il conteste de LA RUË qui a simplifié à outrance certaines constructions pour les rendre accessibles à ses lecteurs, " et moi, dit FREZIER, je ne suis pas d'avis qu'on doive donner une opération fausse pour la rendre facile ".

L'impression générale qui se dégage des ouvrages analysés brièvement ici est que nous nous trouvons en présence d'une manière d'aborder les problèmes différente de celle à laquelle la géométrie descriptive de MONGE nous a habitués. C'est réellement un autre univers de pensée que reflètent ces longues explications. Comme le souligne de LA GOURNERIE " nous avons peine à comprendre cette géométrie qui procède sans raisonnement explicite ", qui ne vise pas à la démonstration mais à la monstration. Ceci est la conséquence de deux déterminantes : la première tient au fait que ces ouvrages s'adressent aux praticiens et ne sont pas destinés à servir de livre de cours pour un enseignement qui n'existe pas encore. Les différents auteurs prennent grand soin d'affirmer qu'ils s'adressent aux appareilleurs et charpentiers capables de reproduire leurs tracés. La Bibliothèque des Compagnons du Devoir à Paris conserve un cahier manuscrit où un charpentier de METZ a reproduit avec une minutie proche du mimétisme les dessins et les textes de FOURNEAU (3), c'est un exemple caractéristique de la manière d'apprendre de l'époque.

page ci-contre →

La seconde contrainte tient à ce que la géométrie est essentiellement une géométrie plane, à l'aide de laquelle on s'efforce de résoudre des problèmes qui se posent en trois dimensions. D'où une série de procédures plus ou moins élégantes, sans qu'apparaisse une méthode générale ou l'amorce d'une théorie déductive. Philibert DELORME

---

(1) LA RUË (J.B. de) : Traité de la coupe des pierres, op. cité.

(2) FRÉZIER (M.) : La théorie et la pratique de la coupe des pierres et des bois, ou traité de stéréotomie à l'usage de l'architecture, STRASBOURG, J.D. DOUSSEKER, 3 tomes, 1737-1739.

(3) TRAYER (fils aîné) : Manuscrit n° 694 FOU B 1071 (1768).

se propose bien de relire EUCLIDE et de revoir VITRUVE " en le réduisant à une certaine méthode " et DESARGUES, attaqué par un certain CURABELLE qui prétendait que ses traits n'étaient pas bons, refuse de se soumettre au jugement d'un tribunal composé d'hommes de l'art car " il est extravagant de dire qu'il faut des massons et non des géomètres pour juger de la précision et brièveté démonstrative d'un trait géométric " ; mais il faudra attendre la fin du XVIIIe siècle, que nous avons fixé comme limite à ce chapitre, pour qu'apparaisse une géométrie à trois dimensions (LACROIX) (1) ou géométrie descriptive (MONGE). Pour MONGE, la géométrie descriptive a deux objets : " Le premier de donner les méthodes pour représenter sur une feuille de dessin qui n'a que deux dimensions, savoir longueur et largeur, tous les corps de la nature qui en ont trois, longueur, largeur, profondeur, pourvu néanmoins que ces corps puissent être définis rigoureusement. Le second est de donner la manière de reconnaître d'après une description exacte, les formes des corps et d'en déduire toutes les vérités qui résultent de leur forme et de leurs positions respectives " (2). Nous aurons l'occasion d'examiner plus longuement quelle fut l'influence réelle de la géométrie descriptive sur la stéréotomie, la charpenterie et le dessin technique en général en essayant de situer MONGE à sa vraie place, dans la deuxième partie de l'étude.

6 - DES PROPORTIONS

Le dimensionnement, considéré comme une activité réfléchie du concepteur, peut s'inspirer, pour les constructions " statiques ", de la fonction, de l'esthétique, de la résistance des matériaux ou des trois à la fois. Nous avons déjà signalé que la résistance des matériaux constituée comme science déductive était apparue tardivement, avec la mécanique théorique, vers le milieu du XVIIIe siècle qui se présente décidément comme un moment décisif de l'évolution technique (3).

---

(1) LACROIX (S.F.) : Essai sur la géométrie à trois dimensions, 1795, (d'après HACHETTE, réf. incomp.).

(2) MONGE (G.) : Géométrie descriptive augmentée d'une théorie des ombres et de la perspective, extraite des papiers de l'auteur par M. BRISSON, PARIS, COURCIER, 1820.
La première publication de la géométrie descriptive de MONGE date de 1795 (" Séances des Ecoles Normales ").

(3) C'est FRÉZIER (1737) (op. cité) qui le premier consacre une étude sérieuse à ces problèmes en s'appuyant sur les travaux de BERNOULLI et de VARIGNON. Après avoir critiqué les formules empiriques données par ses prédécesseurs qui " si on les respectait provoqueraient l'écrasement des ouvriers ", il développe une théorie de la poussée des voûtes en faisant diverses hypothèses sur la nature et la tenue des matériaux (tome III, p. 351 et suivantes).

Ceci ne veut pas dire que le souci de construire en fonction des efforts et des matériaux ait été absent, auparavant, de l'esprit des constructeurs, ne serait-ce que par le rappel à l'ordre que constituaient les écroulements, fissurations, déformations constatés.

Certains de ces faits ont donné matière à réflexion et même à expérimentation dès l'Antiquité. Dans les " Problèmes de mécanique " d'ARISTOTE, on trouve des questions comme celle-ci (dix-septième question) : " Pour quel motif les branches sont-elles d'autant plus faibles qu'elles sont plus longues ? Et pourquoi, lorsqu'on les soulève, se courbent-elles d'une façon telle qu'une mince perche longue de deux brasses se plie moins qu'une grosse longue de cent brasses ? " Question reprise plusieurs fois et encore posée au Moyen Age (de ponderibus) sans qu'une réponse conforme aux connaissances que nous en avons actuellement ait été donnée. Encore s'agissait-il là d'un phénomène facilement observable et portant sur un matériau commun. L'idée de se poser une question semblable à propos de matériaux tels que la pierre, le béton, la brique ou le fer est moins immédiate, sauf peut-être pour l'esprit toujours en éveil de LEONARD de VINCI qui, on le sait, s'intéressa à la résistance des murs, des voûtes, des piliers et même du fil de fer. Il fit, ou recommanda, des expériences d'où puissent se dégager des règles. Nous trouvons sous le titre " Expérience de force qu'on peut faire avec du fil de fer de différentes longueurs " (1) cette remarquable procédure : " Je rappelle comment vous devez faire l'expérience consistant à soutenir un poids ou plutôt quel poids peut soutenir un fil de fer long de deux brasses ou à peu près, en un lieu où il soit bien fixé. Puis suspendez-y un panier ou une corbeille ou ce que vous voudrez dans lequel vous verserez du sable fin par le petit trou d'une trémie, lorsque le fil de fer ne pourra plus soutenir le poids, il se rompra. Adaptez un petit ressort qui ferme tout à coup la trémie afin que le sable ne tombe plus dans le panier et celui-ci tombera debout parce qu'il tombera de haut d'un demi-doigt. Notez quel est le poids qui a brisé ce fil et continuez cette expérience pour savoir exactement si le fil se brise toujours au même endroit. Ensuite diminuez de moitié ce fil et notez dans quelle mesure il soutient un poids supérieur. Faites en sorte, ensuite, qu'il ait le quart de la première longueur et de la sorte, vous noterez au fur et à mesure les différentes longueurs en inscrivant chaque fois le poids de ce qui fait rompre le fil suivant la longueur et en

(1) Cod. Atl., Fol. 82 recto-b, cité par ARTURO UCCELLI in L. de VINCI, Cercle du bibliophile, 1958, op. cité.

quel point du fil. Vous ferez cette expérience avec chaque métal, du bois, des pierres, des cordes et tout ce qui peut soutenir un poids. Faites de chaque expérience une règle générale. Vous ferez la même chose avec des soutiens terrestres, autrement dit en faisant en sorte que le soutien ait une extrémité en terre ou orientée vers la terre". Cependant, il manquait à LEONARD l'appareil conceptuel lui permettant de tirer des règles justes de telles expériences. S'il a parfaitement reconnu que la résistance à la pression des poteaux longs à section carrée (deuxième phase de l'expérience) était proportionnelle à la section et inversement proportionnelle à un rapport où interviennent à nouveau le côté et la longueur, une expérience atrophiée et la croyance, héritée des Grecs, aux nombres et proportions simples lui fait énoncer, qu'en somme, la résistance d'un poteau carré variera comme le cube du côté alors qu'elle varie comme la puissance quatrième. Il résulte de cela que, sur un cas particulier choisi comme exemple, la valeur de la résistance est fausse de moitié mais va, heureusement, dans le sens minorant. Il serait donc hasardeux de couvrir la mécanique statique de LEONARD du titre de science. Son mérite est d'avoir posé certains problèmes de résistance des matériaux et d'avoir tenté d'en donner une solution avec les maigres moyens que la science de son temps pouvait lui fournir. GALILÉE, ignorant les recherches de LEONARD de VINCI par suite de l'oubli et de la dispersion des manuscrits du Maître, estimait dans ses "discours et démonstrations mathématiques au sujet de deux nouvelles sciences" qu'il était le premier à s'occuper de ces recherches tout à fait spéciales. Malgré tout, et alors que la physique théorique progressait (1), ce qu'on peut déjà appeler la technologie de la construction reste très empirique. On ne maîtrisera que bien plus tard avec ROBERVAL (1602-1675), NEWTON (1642-1727) et VARIGNON (1654-1722) la notion de forces et de composition des forces ; plus tard encore, la résistance des matériaux, qui ne débouchera sur des applications pratiques que vers 1800-1820. Mais toutes les imperfections du dimensionnement, résultant d'insuffisances de l'expérience ou des moyens de calcul, sont en quelque sorte masquées par un autre type de dimensionnement, particulièrement insidieux en architecture, nous voulons parler des proportions. On a beaucoup écrit sur le sujet sans totalement clarifier la question. Pour VIOLLET-LE-DUC (2), les proportions sont des rapports relatifs entre les différentes parties d'un édifice, rapports suivant une loi qui donne

---

(1) REICHEN (Ch.A.) : Histoire de la physique, LAUSANNE, RENCONTRE, 1964.

(2) VIOLLET-LE-DUC (E.) : Dictionnaire raisonné de l'architecture française du XIe au XVIe siècle, PARIS, MOREL, 1858 (10 tomes).

à la construction une "apparence" de stabilité et une harmonie des formes, les proportions répondent à la fois aux nécessités de la construction et à celles de l'esthétique (l'eurythmie des Grecs). Pour les Grecs, les proportions se déduisent des nombres impairs comme 3, 9, 7, 21, 49 etc... Les deux progressions géométriques dont PLATON a tiré des effets si puissants dans sa République : 1/2, 4/8, ... et 1/3, 3/9, 9/27 ... sont également évoquées (1). On a supposé que les intervalles musicaux avaient joué un certain rôle en architecture cistercienne. D'après de BRUYNES (Etudes d'esthétiques médiévales, BRUGES, 1946) cité par SWAAN, la quinte (2/3) déterminerait le rapport entre la largeur du transept et la longueur totale ; l'octave (1/2) celui du bas-côté et de la nef ainsi que celui de la longueur et la largeur du transept ; la quarte (3/4) se retrouverait dans les proportions du choeur. Pour les constructeurs du Moyen Age, c'est la géométrie qui aurait présidé au dimensionnement des édifices : triangle isocèle et triangle rectangle équilatéral. Les Egyptiens représenteraient la synthèse du nombre et de la géométrie avec le triangle égyptien (triangle isocèle de hauteur 2,5 unités sur une base de 4 unités, rapport restituant approximativement le nombre d'or (1,618, $\frac{\sqrt{5}+1}{2}$). Un autre triangle aurait été utilisé : le triangle rectangle de 4 et 3 unités pour les côtés de l'angle droit, ce qui donne 5 unités justes pour l'hypoténuse. A partir de ces hypothèses, VIOLLET a superposé aux élévations d'édifices divers des tracés qui seraient censés restituer ceux de l'architecte concepteur. Démonstration peu convaincante quand elle est administrée à partir de relevés à très petite échelle. Par exemple, pour la pyramide de CHEOPS, le tracé du triangle égyptien passe "presque" par le contour de la pyramide à l'échelle "un millième". Ce qui donne un désaccord de l'ordre d'un mètre à l'échelle "un". FUNK-HELLET (3), dans un ouvrage postérieur, conteste les interprétations de VIOLLET et développe une autre théorie qui s'appuie sur l'ésotérisme des nombres. Le nombre d'or (1,61803) déduit des "proportions divines" serait la dimension de base des édifices antiques. FUNK-HELLET, comme VIOLLET, applique ses tracés à des élévations et des plans tout en reconnaissant que ce travail est sujet à caution. A l'exception des pyramides sur lesquelles nous ne nous prononcerons pas, la vérité nous apparaît reposer sur les

---

(1) SWAAN (W.) : La cathédrale gothique, PARIS, NATHAN, 1970.

(2) FUNK-HELLET (Ch.) : De la proportion, PARIS, VINCENT-FREAL, 1951.

considérations suivantes :

1 - A défaut des règles technologiques de construction, les proportions donnaient des architectures conformes aux canons de l'esthétique du moment et, de surcroît, quelque assurance quant à la stabilité et à la résistance.

2 - A défaut d'un étalon de mesure bien établi, il fallait au début de la conception se donner une dimension de référence arbitraire, d'où le module.

Ces deux considérations permettent d'éclairer le problème du choix des dimensions en ce qui concerne la construction des édifices.

AURÈS (1), étudiant les sources des modules chez VITRUVE, en voit trois. La première serait tout simplement la longueur d'une pierre, celle du linteau reposant sur les deux colonnes centrales d'un édifice à péristyle, autrement dit l'écartement d'axe en axe de deux colonnes. Plus tard, le style de l'architecture et sa nature ayant changé, on prendra, à défaut du linteau, une dimension caractéristique : la largeur de la nef pour les cathédrales par exemple, avec des subdivisions pour les autres dimensions. La seconde serait le rayon des colonnes. C'est le module classique qui est encore préconisé de nos jours(2). La troisième repose sur le modèle humain. L'idée qu'une filiation pouvait exister entre l'homme, ses créations et Dieu par l'intermédiaire des proportions du corps humain (de création divine) a longtemps agité les esprits. DÜRER, véritablement obsédé par le problème des proportions, s'adresse d'abord aux peintres dans son "traité des proportions", mais aussi aux orfèvres, aux sculpteurs, aux tailleurs de pierre, aux menuisiers et à tous ceux qui se servent de la mesure (3). Cette démarche, débarrassée de ce qu'elle a de mystique, n'est pas éloignée de notre attitude fonctionnelle dans la mesure où les constructions considérées sont faites pour l'homme. Le module sera donc

Fig.45

---

(1) AURÈS : Théorie du module déduite du texte de VITRUVE, NIMES, 1862, cité par VIOLLET-LE-DUC, dictionnaire raisonné, op. cité, p. 532, tome VII.

(2) NORMAND (Fils), DOULIOT, KRAFFT : Cours de dessin industriel, PARIS, HACHETTE, 1857. "Les proportions que doivent avoir entre eux les membres de ces corniches s'apprécient au moyen d'une échelle divisée en autant de parties égales que le comporte leur hauteur et leur saillie, ces parties se subdivisent en 1/2, 1/3, 1/4, pour donner aux moulures leur véritable valeur. Cette manière d'opérer est celle indiquée par VITRUVE, SCAMOZZI et autres auteurs", (Pl.8).

(3) DÜRER (A.) : Traité des proportions, dédicace de 1528, in lettres et écrits théoriques et traité des proportions, présentés par VAISSE (P.), PARIS, HERMANN, 1964.

la dimension de base, toise, pied, pouce, pour le modèle humain ; linteau, rayon de la colonne, longueur de la virga, diamètre du boulet de canon, longueur d'un pendule, ou dix-millionième partie du quart du méridien terrestre pour les références non anthropomorphiques (1)(2).

A partir de ce module existant ou créé sur le champ, il devenait possible de dessiner plan et élévation du bâtiment en inscrivant les formes dans des constructions graphiques toujours très simples mais harmonieuses et faciles à reporter au naturel et à contrôler sur le terrain. L'évolution des proportions montre que ces tracés n'avaient rien de rigide : le rapport de la hauteur à la largeur de la nef des cathédrales passe de 2,56 (CLUNY, fin du XIe siècle) à 3,3 (BEAUVAIS, 1247). On est à l'extrême limite du possible, mécaniquement parlant, et, dans la plupart des cas, ce sont les arcs-boutants qui sauveront la construction (3). Ce que nous avons déjà dit des cloches, illustre bien le dimensionnement au module tel que nous venons de le présenter avec l'architecture. Le module campanaire n'est pas une donnée arbitraire ou physiologique mais physique. De la dimension du bord pour une tonalité déterminée découlent toutes les autres dimensions. Une échelle et une épure (un " trait ") suffisent à définir un grand nombre de cloches. Le dimensionnement des canons est beaucoup plus complexe et mériterait à lui seul une étude particulière, il participe tout autant de l'esthétique que d'une résistance des matériaux très empirique. Vers le milieu du XVIIIe siècle, le diamètre du boulet et le calibre de la pièce divisés en " parties " donnent les valeurs relatives des différentes formes des pièces d'artillerie de terre (4). De ces deux modules découlent 49 dimensions différentes. Fig.46
Pour la pièce de 24, la " partie modulaire " donnée par le boulet vaut 5 lignes et 5 points 1/3. En fait, la table des dimensions en pieds, pouces, lignes et points est une traduction en unités courante des proportions exprimées en " parties " comme le montrent les épures de Fig.47

(1) RÉAUMUR a la paternité de l'étonnante proposition de prendre la dimension d'une alvéole d'abeille comme " étalon naturel " (Dict. ROBERT).

(2) Le module se retrouve de nos jours dans " l'architecture modulaire ". Le modulor de LE CORBUSIER est basé sur les mesures du corps humain. Le module du Comité du logement de la Commission Européenne vaut 10cm avec des multiplicateurs (3,6,12 pour l'Europe et 20, 30, 60, 90 pour l'URSS).

(3) COLLECTIF : Histoire générale des techniques, op. cité, tome II, p. 571.

(4) MARTINI (Franqésco GIORGIO) (1439-1502) avait donné quelques proportions uniquement à partir du poids du boulet.

deux pièces d'artillerie extraites de l'Encyclopédie (1).

Le parallèle entre le dimensionnement des canons et celui des grands ensembles maçonnés tels que les temples ou cathédrales se heurte à une divergence profonde. Si l'usage d'un module arbitraire propre à chaque construction maçonnée permet d'éviter d'avoir à se référer à un système d'unités incohérentes et mal définies et limite l'information à un système clos relatif à une construction particulière dans un lieu déterminé; la fabrication des canons, sans être un exemple unique (2), pose en plus le problème de la répétitivité, c'est-à-dire de la référence à un étalon extérieur. Connaissant le caractère anticipateur des techniques militaires, il n'est pas étonnant de voir que les premières applications de l'interchangeabilité et de la normalisation, éléments caractéristiques des méthodes modernes de fabrication, soient apparues chez les armuriers et surtout dans les arsenaux. GRIBEAUVAL (1715-1789), premier Inspecteur de l'Artillerie, est le créateur de tables de constructions et d'instruments de mesure, prototypes du contrôle industriel (3). Parmi les 13 grands tableaux de Joseph VERNET exposés au Musée de la Marine, on remarque une vue du parc d'artillerie de Toulon (1754) qui présente les différents contrôles relatifs à la recette d'un canon et de ses boulets. Pour les boulets, contrôle des diamètres à l'aide d'un compas maître à danser, une cale en cuivre servant de référence (4) et contrôle de la sphéricité avec un anneau ; pour le canon, contrôle de la profondeur de l'âme avec une jauge étalonnée, du calibre avec une étoile à trois branches, du poids par pesée, de l'équilibre par rapport aux tourillons de l'état des surfaces (visuel) de l'étanchéité, essai de tir, etc... Tous ces contrôles sont minutieusement décrits et illustrés dans le mémoire de MONGE sur la fabrication des canons (5) et dans l'Encyclopédie aux titres "Arts militaires" et "Fonte de canons". Module et proportions évitent de surajouter aux renseignements dessinés des renseignements dimensionnels en unité vulgaire. Le fait que les dessins techniques jusqu'au XVIIIe siècle soient assez pauvres en spécifications chiffrées ne signifie pas que le dimensionnement en question ait été laissé entièrement à la discrétion du réalisateur. Pour cer-

Fig.48

Fig.47

---

(1) Cf. dans l'Encyclopédie, les tables de proportions des ancres et dans la "Description des Arts et Métiers" de BERTRAND, les figures et dimensions de ces mêmes ancres, BERTRAND (J.E.) : Description des Arts et Métiers, NEUCHATEL, 19 tomes, SOCIETE-TYPOGR., 1771-1783. Fig. 49-50

(2) Pour d'autres exemples cf. MUMFORD (L.) : Technique et civilisation, PARIS, SEUIL, 1950, p. 84.

(3) On peut encore citer le remarquable "traité de fabrication des Armes Blanches rédigé sur l'ordre du Comité de Salut Public, l'an III de la République par VANDEMONDE".

(4) L'usage de deux cales, "Passe" et "Ne passe pas", est plausible.

(5) Soixante-dix-sept dessins originaux relatifs à l'art de fabriquer les canons par Gaspard MONGE, op. cité.

taines constructions, la référence au tracé de base et la connaissance du module suffisaient à l'exécutant pour mener à bien la construction comme nous l'avons vu avec les plans d'églises. Parfois, la présence de lignes portant des indications chiffrées est même redondante lorsque chacun sait que pour le péristyle d'un temple grec l'écartement entre les colonnes est de 6 modules (1) (2). D'autre part, de nombreuses informations de détail (proportions des assemblages, écartements des chevrons) sont mémorisées une fois pour toutes par l'exécutant qui n'a pas à se référer à la mémoire artificielle que constitue le dessin. Fig. 44-45 Les instruments de contrôle peuvent eux-mêmes constituer une sorte de mémoire, porteuse d'une caractéristique dimensionnelle de l'objet fabriqué qui n'a pas à être inscrite ailleurs, puisque les instruments sont spécifiques de la chose fabriquée (gabarits, jauges etc...). Enfin, quand il s'agit de construire quelque chose de nouveau ne répondant pas à un tracé classique, une échelle modulaire ou plus souvent une "cotation" en modules est adjointe au dessin. Le célèbre dessin de l'homme écartelé de LEONARD de VINCI, inspiré de celui de VITRUVE, résumant le canon des proportions humaines (1490 environ), comporte une échelle modulaire. DÜRER pratique couramment le report sur le dessin du dimensionnement modulaire. Son "projet de monument aux paysans vaincus" (1525) est coté en modules dans les deux dimensions visibles sur le dessin. On peut remarquer sous le plan d'un navire de M. BAKER plusieurs échelles, certaines sont des échelles dimensionnelles en pieds, mais d'autres sont des échelles modulaires en poids et capacité, c'est du moins ce que laisse entendre le texte obscur qui accompagne ce dessin (1586). Fig.28 Dans le "Grand MAROT" (1650) (3), on trouve une cotation en modules pour les colonnes et des échelles modulaires (?) pour les géométraux.

Progressivement le module cède la place aux mesures courantes, l'échelle prend alors le sens de rapport de réduction du dessin au

---

(1) VITRUVE : Les dix livres d'architecture corrigés et traduits en français avec des notes par PERRAULT, PARIS, J.B. COIGNARD, 1648. Les corrections de PERRAULT ont défiguré l'ouvrage en le modernisant excessivement.

(2) F.P.B. : Abrégé de géométrie appliquée au dessin linéaire (Texte et Atlas), TOURS, MAME, 1872. "Manière d'élever un ordre : pour construire un ordre dans une hauteur donnée, il faut diviser cette hauteur en dix-neuf parties égales, en donner quatre au piédestal, douze à la colonne et trois à l'entablement. Ce sont les proportions que VIGNOLE a marquées, d'après les observations qu'il a faites scrupuleusement dans les plus beaux édifices antiques", p. 262-263.

(3) MAROT (Père et Fils) : L'Architecture Françoise, op. cité.

regard de la grandeur naturelle. Par exemple, un dessin à l'échelle "au petit pied" (JOUSSE 1630) est un dessin réduit au 1/12e, une longueur d'un pouce sur le dessin vaut un pied au naturel (1). Malgré les imprécisions dues aux déformations du support et au tracé du dessinateur, l'habitude de relever les dimensions au compas à pointes sèches se conservera longtemps. Les cotations que nous avons remarquées sont des ajouts de l'exécutant, désireux d'avoir sous les yeux les dimensions des pièces et des appareillages. Il serait intéressant de savoir comment on relevait un croquis, puisque dans ce cas l'échelle ne peut être qu'approximative, malheureusement nous n'avons pu trouver de croquis antérieurs à 1750 susceptibles de nous donner des renseignements sur ce point. Nous savons seulement que les carnets de VILLARD ne comportent aucune dimension, ceux de LEONARD non plus, sauf quelques indications chiffrées et des proportions et que DIDEROT, quand il préparait son Encyclopédie, se déplaçait beaucoup avec ses dessinateurs, ou bien il demandait à des ouvriers de lui faire des mémoires et des dessins (l'expérience s'avéra décevante). En 1749, DIDEROT est emprisonné à VINCENNES, ses éditeurs s'adressent au Chancelier : "Le sieur DIDEROT a fait venir avec lui à VINCENNES un dessinateur intelligent nommé GOUSSIER, il a voulu travailler avec lui à l'arrangement et à la rédaction des dessins, mais faute d'échelle et faute d'avoir les objets présents, ils n'ont su quelle figure leur donner ni quelle place leur assigner dans la planche" ; ce qui laisse penser que la méthode de relevé de croquis laissait à désirer. En fait, ce n'est que vers 1800, sous l'influence de différents facteurs propres aux fabrications mécaniques, (2) que le dimensionnement chiffré directement porté sur le dessin sera couramment employé. Quant au tolérancement, aucune trace n'apparaît sur un dessin avant la fin du XIXe siècle. Toutefois, nous avons vu qu'il était plausible de penser que cette information pouvait avoir été confiée au contrôleur (cale étalon pour les boulets). Un fait est certain, les tables de contrôle des canons de 1738 (a) affectent d'une tolérance angulaire la position de l'axe du canon par rapport à l'horizontale quand il est suspendu par ses tourillons.

Fig. 21-22

---

(1) Les premières échelles dont nous ayons pu trouver trace sont celles en pieds, au bas des figures illustrant l'ouvrage de VITTORIO ZONCA : Novo Teatro di Machine et Edificii, PADOUE, 1607.

(a) Ordonnance du Roi portant règlement pour la fonte et l'épreuve des pièces de canons, mortiers et pierriers destinés pour le service de l'artillerie de terre du 7 octobre 1738 (Encyclopédie, article Fonderie). Cette ordonnance avait été précédée de l'ordonnance du 15 avril 1689 sur le même sujet.

(2) Cf. infra, page 103.

7 - LES MACHINES, ENFIN

En concevant, en dessinant, en construisant des édifices des moulins, des navires ou même des canons, l'homme restait dans un domaine à la mesure de ses conceptions esthétiques ou scientifiques, même si elles étaient erronnées. Avec les machines à feu il se trouve en face de phénomènes insaisissables et déroutants. Le " digesteur " de PAPIN (1680 environ) était une sorte de marmite, donc rapportable à du familier, mais sa machine de 1707 est monstrueuse, ventre ballonné et intestins grêles, on est loin des divines proportions, de l'harmonie des formes et de la mesure humaine. Fait plus grave, ces machines, comme celle de SAVERY (1677) qui ressemble à un assemblage de conduites romaines et d'alambics piriformes, ou celles de POTTER (1725) avec des chaînes grinçantes, seront destinées à l'épuisement des eaux dans les mines. L'opposition manichéenne entre deux mondes naîtra de là (1). Il faudra plus de deux siècles pour que la machine trouve dans la stricte réponse à sa fonction son esthétique propre et le droit de cité. Mais répondre à une fonction, c'est maîtriser scientifiquement ou technologiquement toutes les relations qui se développent dans la machine, ainsi que celles que la machine entretient avec le milieu ; on n'en est pas là en 1700 et, pour masquer ce que les machines à feu et les machines à vapeur ont d'insolite ou de grotesque, on leur donne des formes rassurantes. BRANCA (1629) dessine une chaudière en forme de buste romain posé sur un trépied griffu, plus tard on maquillera les structures en leur donnant le style grec, gothique, voire oriental. Chaque fois que possible, on enfermera la machine dans un bâtiment d'aspect anodin ; les premières locomotives tireront des voitures de diligences et les premières automobiles seront des calèches sans chevaux.

Fig.127

Au XIXe siècle, la prolifération des machines suscita un vaste mouvement d'idées d'où se sont dégagées plusieurs " écoles ". En France, " l'école " fondée par les professeurs de l'Ecole Polytechnique, que nous avons appelée par ailleurs (2) " l'école mécaniste ", s'est surtout orientée vers une recherche d'une définition plus ou moins abstraite de la " machine " en général et des essais de

---

(1) DEFORGE (Y.) : L'éducation technologique, PARIS, CASTERMAN, 1970, pp. 65-75.

(2) COLLECTIF : La pédagogie, dictionnaire du savoir moderne, PARIS, C.E.P.L., 1972 (article : Technique et technologie, Y. DEFORGE, pp. 174-187).

classification des machines existantes (1). Une étude attentive de ces théories montre combien il est difficile de donner des définitions et de faire des classifications qui ne soient pas tributaires des connaissances du moment.

Pour CHRISTIAN (1819) la machine est ce qui remplace la main, LEBLANC (1845) voit dans la machine un appareil qui sert à transmettre la force d'un moteur à l'outil chargé d'exécuter un travail quelconque, de même HATON de LA GOUPILLIÈRE (1864) qui distingue trois parties dans la machine : le moteur, l'outil et le mécanisme intermédiaire. Pour ces trois auteurs la notion de machine est assez restrictive, la référence à l'outil en particulier les oriente irrésistiblement vers la machine-outil et les met en difficulté quand il s'agit d'appréhender une " machine " où l'organe effecteur ne ressemble pas, physiquement, à un outil. Les auteurs qui suivent s'efforcent de trouver une définition plus large. BORGNIS (2) distingue dans toute machine les organes récepteurs, communicateurs, modificateurs, supporteurs, régulateurs et opérateurs. Cette définition est intéressante par son vocabulaire et par le fait que pour BORGNIS la machine peut posséder réellement ou non l'un ou l'autre de ces organes.

Plus tard, des auteurs comme REULEAUX (1877) et KOENIGS (1907) (3) pousseront à l'extrême la théorie des machines. Pour l'un, une machine est un instrument de changement cinématique ou dynamique, idée déjà inscrite dans le " traité élémentaire des machines " de HACHETTE (1811), et pour l'autre la machine est un assemblage de couples d'éléments cinématiques. LAFFITTE (1932) (4) généralise la notion de machine au point d'y inclure une poutre ou un mur comme organes générateurs d'effets. Récemment SIMONDON, dans son cours en

---

(1) On peut citer dans l'ordre chronologique :
BETANCOURT et LANZ : Essai sur la composition des machines, PARIS, BACHELIER, 1819, 2e éd. (1ère éd. : 1803).
HACHETTE (M.) : Traité élémentaire des machines, PARIS, KLOSTERMANN, 1811.
CHRISTIAN (M.) : Vues sur le système général des opérations industrielles, PARIS, HUZARD, 1819.
PONCELET (J.V.) : Note sur quelques principes mécaniques relatifs à la science des machines (15 pages, B.N.), 1832.
HATON de LA GOUPILLIÈRE (J.N.) : Traité des mécanismes, PARIS, GAUTHIER-VILLARS, 1864.
REULEAUX (F.) : Principes fondamentaux d'une théorie générale des machines, traduit par DEBIZE, PARIS, SAVY, 1877.

(2) BORGNIS (J.A.) : Théorie de la mécanique usuelle ou introduction à l'étude de la mécanique appliquée aux arts, PARIS, BACHELIER, 1821.

(3) KOENIGS (G.) : Introduction à une théorie nouvelle des mécanismes, 53 pages, PARIS, HERMANN, 1905.

(4) LAFFITTE (J.) : Réflexions sur la science des machines, PARIS, BLOUD et GAY, 1932.

SORBONNE sur le développement technique (1968-1969), a repris une distinction ancienne mais utile entre instruments, outils et machines (machines passives, actives et machines à information).

Plutôt que de poursuivre, à partir de ces définitions, une discussion que nous avons amorcée dans l'étude précédemment citée, nous admettrons qu'il existe, pour la période qui nous intéresse, un consensus verbo-conceptuel sur le terme, aussi appellerons-nous " machine " tout ce qui a été décrit et dessiné sous ce titre (1). Jusqu'au milieu du XVIIIe siècle, les archives sont très pauvres en dessins techniques de machines. Par contre, l'iconographie est abondante en figures illustratives. La raison en est que les machines simples, ayant pour source d'énergie l'homme, le vent, l'eau, avec ou sans transformation de mouvement, étaient d'un accès facile pour l'entendement et d'une représentation agréable, permettant de développer le côté anecdotique (personnages au travail et paysage en arrière-fond). La plupart des figures des nombreux " théâtres de machines " des XVe et XVIe siècles se présentent comme de petites scènes de genre où l'information technique est très diffuse. Les premiers dessins montrant des machines ont trait aux activités quotidiennes de l'homme : l'irrigation, où l'on voit un dispositif à balancier (relief du palais de NINIVE, VIIe siècle avant J.C.), où une chaîne à godets (PHILON de BYZANCE, IIe siècle avant J.C.). On connaît plusieurs représentations de moulins à grains mus par un manège à chevaux ou un dispositif cage d'écureuil d'après des sculptures romaines. Le manuscrit " Hortus deliciarum " de HERRAD von LANDSPERG (1180) montre un moulin à grains vertical avec structure charpentée et parois en planches grossières ; une reconstitution de ce type de moulin est visible au Deutsches Museum de MUNICH. Les carnets de VILLARD de HONNECOURT (2) présentent sans conteste des machines en tant que telles: une scie à refendre mue par une roue à eau avec transformation d'un mouvement de rotation continu en un mouvement discontinu, le retour de la scie étant dû à l'élasticité du bras souple ; une scie à recéper les pieux sous l'eau d'inspiration assez semblable, et quelques dispositifs rudimentaires utilisant la gravité.

Fig.76

Fig.78

---

(1) Dans la préface de son important " Traité élémentaire des machines " (op. cité), HACHETTE prend soin de préciser : " Les planches jointes à cette description ont été dessinées par M. GIRARD, dessinateur à l'Ecole Polytechnique. Il n'y a aucune de ces machines qu'on ne puisse exécuter d'après les échelles du dessin gravé.".

(2) VILLARD de HONNECOURT : Album de V. de H., manuscrit publié en fac-similé, op. cité, 1858.

Le " manuscrit de la guerre hussiste " (1430) ouvre une Fig.83
période riche en ouvrages de tous genres sur les machines diverses en usage au Moyen Age, l'art militaire et l'hydraulique intéressent en priorité les auteurs (1) qui reproduisent inlassablement les mêmes solutions techniques. On voit mal comment ces figures, souvent tributaires de l'illustrateur, ont pu servir utilement à la réalisation de machines semblables, hors de la présence du concepteur, à moins que le réalisateur assume lui-même le rôle de concepteur et se serve des dessins en question comme d'un point de départ, le volume des machines restant dans les limites de ce qu'un bon artisan pouvait maîtriser intellectuellement ; on peut l'imaginer, partant du principe exprimé par la figure et le texte, et se lançant à l'aventure. Deux objections sérieuses doivent cependant être formulées. La première tient à ce que nous ignorons tout de la diffusion des manuscrits de cette époque, elle devait être assez restreinte et ne concerner qu'une élite. La seconde s'appuie sur le fait que la plupart de ces machines sont des constructions hybrides alliant le bois et le fer, ce qui nécessitait de faire appel à plusieurs corps de métiers et de coordonner leur action, soit par des dessins plus explicites que ceux présentés dans ces recueils d'exemples, soit par le verbe, grâce à la présence près des exécutants d'un commentateur averti, capable de créer et de diffuser le renseignement. LEONARD de VINCI domine incontestablement la cohorte de ses prédecesseurs (KEYSER, FONTANA, TACCOLA) par la puissance de ses conceptions, la qualité de ses dessins, mais surtout par l'originalité de sa vision. Avant lui, et même longtemps après lui, la machine, suivant la définition aristotélicienne, constituait un tout que l'on ne peut ni séparer, ni analyser et encore moins calculer. LEONARD, au contraire, étudie et dessine des organes de machines, précisant par des vues complémentaires certains détails de construction, en vue de leur réalisation. Il nous donne lui-même confirmation du souci qu'il avait d'aller jusqu'à la réalisation. Son activité de constructeur-mécanicien apparaît dans plusieurs de ses écrits ; il ressort, en effet, qu'à côté de son atelier de peintre se trouvait un autre atelier, celui de mécanique, où travaillaient des ouvriers spécialisés. Dans une note datant de 1493, il écrit:"le premier novembre nous fîmes les comptes : JULES me devait quatre mois de travail et maître THOMAS neuf. Maître THOMAS fabrique six chandeliers en dix jours. JULES travaille 15 jours pour fabriquer certains ressorts.

---

(1) GILLE (B.) : Les Ingénieurs de la Renaissance, PARIS, HERMANN, 1964. B. GILLE a étudié en détail la personnalité et l'oeuvre des principaux "Ingénieurs de la Renaissance".

Il travailla pour son compte jusqu'au 27 mai et exécuta ensuite pour moi un martinet, du 18 juillet au 17 août. La moitié de cette dernière journée, il travailla pour une femme et jusqu'au 20 août encore pour moi sur des serrures". Le Maître THOMAS dont il est question ici était un artisan spécialiste des travaux en bois, JULES était un mécanicien allemand qui ne s'occupait que des travaux de précision. A ROME, au lieu-dit "Le Belvédère", l'atelier de LEONARD, qui se composait de plusieurs pièces, était fréquenté par des élèves qui travaillaient soit pour lui, soit avec lui. Ils s'occupaient de mécanique, d'optique, de mathématiques. Des artisans allemands travaillaient à la réalisation de mécanismes et de machines. On retrouve tout à fait l'atmosphère des laboratoires actuels où des ouvriers spécialisés exécutent à la demande et souvent à l'unité des montages sur simple croquis ou d'après les explications du demandeur (1).

Aux XVIe et XVIIe siècles paraissent des ouvrages imprimés de factures diverses, mais tous de même inspiration. Ce sont des reportages illustrés présentant des réalisations existantes ou possibles : "De re metallica" d'AGRICOLA (1556) veut donner une image fidèle de machines utilisant l'énergie humaine, animale ou des éléments naturels (eau et vent). "Le diverse et artificiose machine" de RAMELLI (1588) est plus sujet à caution, l'artiste imaginatif semble avoir pris le pas sur le technicien. On remarque sur ses figures facilement reconnaissables des solutions technologiques plausibles : une pompe alternative circulaire originale, mais de construction délicate avec les moyens de l'époque, une belle pompe rotative à palettes, un cric à quatre bras, etc... On peut penser que certaines de ces machines sont des agrandissements ou des transpositions de mécanismes rencontrés à l'état de prototype. L'exécution de la pompe rotative aux dimensions suggérées (corps d'un mètre de diamètre (?)) semble impossible avec les moyens techniques disponibles au XVIe siècle quand on sait que, deux siècles plus tard, c'est encore sur ce problème que butent les premiers constructeurs de machines à feu. STRADA (1617) est plus crédible, les éléments qui entrent dans les machines qu'il décrit sont d'ailleurs connus depuis longtemps : le système bielle et manivelle avec masse d'inertie se trouve dans le manuscrit hussite, le martinet a bien un millénaire d'existence, la pompe à godets aussi.

Fig. 59

Fig. 58-60

Fig. 61

---

(1) Il existe encore à Paris quelques artisans spécialisés qui fabriquent sur les indications verbales ou écrites des chirurgiens les instruments dont ceux-ci ont besoin.

ADDITIF AU DEUXIEME PARAGRAPHE DE LA PAGE 58

Ce que nous disons de la machine en général, semble en contradiction avec ce que nous savons de la machine à donner l'heure qu'est la montre ou l'horloge. Au début du XIIIe siècle, l'horlogerie constitue un microcosme intellectuel (1) technologique et social très cohérent dont les nombreux traités d'horlogerie de la fin du XVIIe et du début du XVIIIe siècle sont le reflet. On trouve dans le traité de l'horlogerie mécanique et pratique de THIOUT (2) des observations judicieuses sur les frottements des pivots, les variations de l'humeur onctueux des huiles, l'influence du froid et du chaud sur les métaux, la forme des dentures des engrenages, la régulation des mouvements ; observations qui s'appuient sur les concepts physiques d'isochronisme, de quantité de mouvement, de force et de puissance et sur l'expérimentation. " La physique enseigne et l'expérience confirme ", dit THIOUT, aussi insiste-t-il beaucoup sur la méthode expérimentale et sur la qualité des montages expérimentaux (par exemple : dispositif pour mesurer les allongements relatifs). THIOUT préconise l'étude analytique d'une montre décomposée en sous-ensembles fonctionnels (cette expression est de nous) ; par exemple, le pendule " considéré comme seul ou indépendant de l'horloge " en tant qu'être physique pour lequel on a une théorie, mais tout ne peut être réduit en théorie " comme il serait pourtant souhaitable qu'il y en eût ". Dans ce cas, l'étude technologique est recommandée. Par exemple, pour l'échappement à palettes qui, toutes choses égales par ailleurs, semble tributaire de " trois choses qui doivent avoir de justes proportions entre elles " : le degré de profondeur de l'engrenage des palettes dans la roue, la figure de la denture de la roue et le degré d'ouverture des palettes...

Le Traité de THIOUT fait aussi une large place à la technologie professionnelle en décrivant l'outillage manuel de l'horloger, les machines qu'il utilise : tour, machine à fendre, machine à régler ; les appareils à diviser, alidade et les appareils de contrôle de la régularité des dentures. Le " raccommodage des montres " fait l'objet d'un exposé méthodique à partir des études de GAUDRON sur les causes de mauvais fonctionnements, les ordres de montage et démontage et les examens à faire. L'organisation de la profession n'est pas abordée par THIOUT, mais l'article horlogerie de l'Encyclopédie donne un aperçu de l'extrême division du travail dans cette branche : 21 spécialistes différents concourent à la confection d'une montre et 16 à celle d'une horloge. Le rédacteur (probablement LEROY) situe le rôle du maître-horloger dans cette organisation manufacturière ; il doit : étudier les principes de son art, faire des expériences, conduire les ouvriers qu'il emploie, contrôler les produits et assurer le montage.

D'après ce qui précède, on pourrait penser, avec MUMFORD (3), que l'horlogerie a joué un rôle prépondérant dans l'évolution ultérieure

---

(1) ALLIAS (J.M.) : La philosophie et les techniques, PARIS, P.U.F., 1965, pp. 72-78.

(2) THIOUT (A.) : Traité de l'horlogerie méchanique et pratique, PARIS, JOMBERT, 2 tomes avec tables des matières, table alphabétique et catalogues des auteurs cités, 1741, (les 2 tomes en fac-similé, 1972).

(3) MUMFORD (L.) : Technique et civilisation, op. cité, p. 126.

Il nous faut revenir sur un auteur que nous aurions dû citer plus haut, il s'agit de BESSON (1ère édition, 1570) (1), son "théâtre des instruments et machines" est surtout connu par le dessin d'un tour automatique à contrepoids. En 1683 eut lieu à PARIS, rue de la Harpe, une exposition de machines et modèles construits d'après les figures de BESSON et d'autres qui donna lieu à la publication du premier catalogue d'exposition scientifique connu (2), ce qui montre que ces figures, dans les conditions que nous avons précisées plus haut, pouvaient conduire à des réalisations. La même démonstration a été faite récemment (1951) pour certaines machines de LEONARD de VINCI (3). Fig. 99-100

Le problème du dessin de machines ne tient pas, comme on pourrait le penser, à une difficulté de représentation. Les machines -jusqu'à la machine à feu- n'étaient que des assemblages de bois et de fer, plus rarement de maçonnerie, la cinématique en était simple et les concepts pour la comprendre acquis de longue date. On pouvait appliquer aux machines les représentations en élévation et en plan avec échelle ou même chiffrer les dimensions comme on le faisait déjà dans d'autres domaines. Le fond du problème est qu'on hésite sur la vraie nature de la machine.

page ci-contre →

Pour les auteurs de "théâtre de machines" l'attitude est contemplative : ils observent une catégorie d'êtres mécaniques, fruits de l'industrie humaine, qui apparaissent comme des individualités uniques, non reproductibles, enchassés dans un milieu particulier qui agit sur elles et qu'elles modifient : le flanc d'une colline, le bord d'une rivière, le creux d'une mine. Chaque "système" est décrit pour soi, dans son originalité et sa fonctionnalité. L'antinomie entre originalité et fonctionnalité est résolue par le mode de représentation adopté. Sur la scène du théâtre apparaissent des vues en perspective naturelle, représentation la plus proche de la réalité, l'originalité et le particularisme de la situation sont illustrés par le décor (montagne, plaine, rivière, ouvriers au travail) ; la fonctionnalité de la machine est affirmée par le rôle qu'elle joue dans le cadre du système dont le décor vient d'être planté. L'indifférence des dessinateurs pour la technologie est flagrante, les théâtres de machines du XVe au XVIIIe siècle ne nous apprennent rien sur les matériaux, les assembla-

---

(1) BESSON (J.) Theatrum instrumentorum et machinarum, (éd.latine) LYON, BARTH, 1582.

(2) Explication des modèles, des machines et forces mouvantes que l'on expose à PARIS, rue de la Harpe, in quarto 12 pl, hors-texte, 1683.

(3) 30 machines sont présentées à l'IBM Gallery à N.Y. et à peu près autant au musée du CLOS-LUCE à AMBOISE. Ces réalisations sont assez discutables car excessives dans leurs extrapolations.

[illegible] il n'en a pas été ainsi pour des [illegible] qui sont que des phénomènes [illegible] à des solutions irrécupérables dans [illegible] le problème en [illegible] l'est [illegible] obtenir une [illegible] contrôlée des aiguilles aussi [illegible] de délicatesse de force qu'on peut appeler extrême [illegible] ", en vertu du principe qui veut que " ce que l'on perd en force on le gagne en espace et en temps ". En mécanique de gros volume, le problème est de récupérer à la sortie le plus de puissance possible. Les pas sont larges et l'on ne cherchera, comme en horlogerie, qu'à récupérer un minimum de " puissance propagatrice ". On comprend dès lors que ni les engrenages, ni les régulateurs de l'horlogerie, pas même le régulateur à boules utilisé dans certains dispositifs d'échappement, n'aient eu leurs équivalents en mécanique de gros volume. La physique de HUYGENS n'a pas plus servi celle de CARNOT que la cinématique de SULLY, THIOUT, LEPAUTE, n'a servi celle de VAUCANSON quand il construisit ses machines-outils, ou le CUGNOT quand il inventa le fardier à vapeur. Dans un domaine comme celui de l'horlogerie où toutes les montres et pendules [illegible] THIOUT est en droit de définir les machines simples comme étant " composé de plusieurs pièces pour servir à augmenter la force ou la puissance, pour mouvoir ou arrêter un poids, les machines composées [illegible] de machines simples différentes combinées ensemble, et toute [illegible] machine plus ou moins composées " dont on peut établir les parts un séparément.

La conséquence du point de vue du dessin est importante. Le dessin [illegible] dans les traités d'ALLEXANDRE (1), de THIOUT, de LEPAUTE [illegible] LEROY est un assemblage de parties fonctionnelles, et [illegible] décompose à son tour en pièces élémentaires [illegible] entre la vision que l'on a de la [illegible] et son dessin. Pour en rendre la présentation plus claire, [illegible] conventionnellement une montre ou un organe en " développement ", [illegible] les pièces rangées dans le même plan et reliées par une [illegible] rappelle l'appellation graphisme technique, pour désigner tout graphisme concourant à la réalisation, trouve son illustration dans les tracés [illegible] qui accompagnent le développement à calibre d'une [illegible] des emplacements des organes), épures des dents d'engrenages, épures des décattements et échappements, tables de composition des roues menantes et menées en fonction des vibrations du pendule, table des vibrations du pendule en fonction de sa longueur, table des équations moyennes du soleil, etc...

La machine en général était loin de se prêter à une étude analytique aussi évidente, et, par conséquent, un tel type de dessin. L'entreprise du mécanicien et mathématicien LEUPOLD que nous présentons ci-contre (p. 59) n'en est que plus remarquable.

---

(1) ALLEXANDRE (R.P.J.) : Traité général des horloges, PARIS, GUERIN, 1734.

(2) LEPAUTE (J.A.) : Traité d'horlogerie contenant tout ce qui est nécessaire pour construire et pour régler les pendules et les montres, PARIS, HARDOUIN, 1760.

ges et les modes d'obtention des organes de la machine.

La seule évolution perceptible est que, progressivement, l'environnement se réduit à ce qui est nécessaire pour comprendre ce qui entre dans la machine et ce qui en sort, linéairement. Quand RAMELLI décrit une machine, toujours nommée, il commence par une extrémité et termine par l'autre. Les entités " transversales " (roues, vis sans fin, manivelles) ne sont pas identifiées comme faisant partie d'une classe commune.

Parmi les très nombreux ouvrages sur les machines, on peut toujours trouver quelque auteur qui tranche sur ses contemporains par une vision différente. Pour le XVIIe siècle, on peut citer UBALDI dont la volonté d'aller au-delà de l'aspect superficiel des machines transparaît dans les planches de sa " Mécanique " (1) (1629). Au XVIIIe siècle, LEUPOLD (1724) (2) se fixe comme objectif de présenter, à côté des ensembles, des dessins de sous-ensembles ou d'organes avec des explications théoriques empruntées à la mécanique naissante. La machine n'est pas, pour LEUPOLD, une individualité inaccessible à l'étude analytique, mais un assemblage d'éléments qui se retrouvent identiquement, ou presque, d'une machine à l'autre. C'est l'amorce d'une technologie de construction par éléments ; mais la matière est nouvelle et les connaissances limitées. On verra comment, au XIXe siècle, par un cheminement épistémologique analogue à celui que nous avons signalé pour les constructions maçonnées, les moulins, les navires et les canons, on établira pour les éléments de machines, des tables de proportion des barèmes dimensionnels, des " modules ".

Fig.68

Fig.69

LEUPOLD ajoute aux notions élémentaires de technologie de construction quelques dessins de détail pour favoriser la construction, ce qui l'amène, malgré une disposition désordonnée, à dessiner des élévations et des plans. Il va jusqu'à dessiner, à côté de l'objet décrit, l'outillage nécessaire à sa réalisation. On trouve donc dans son " Théâtre général des machines " ce qui n'était nulle part ailleurs : des ensembles, des sous-ensembles, des dessins d'exécution et des informations technologiques.

Fig.70

---

(1) UBALDI (Guidi) : Mechanische Kunstkammer, trad. de l'italien, FRANKFURT-am-MAIN, 1629.

(2) LEUPOLD (J.) : Theatri machinarum generale, 9 tomes, LEIPZIG, 1724-1739.
Nous avons consulté :
le tome I, édité par GLEDITSCHEN, 1724, (les éléments de machines),
le tome II, édité par GLEDITSCHEN, 1725, (les machines de levage),
le tome des suppléments, édité par BRETKOPF, 1739, (différents mécanismes nouveaux).

Malgré la faiblesse du contenu et les emprunts visibles à différents auteurs, comme ceux du " Grand traité des moulins " (1) qui a décidément marqué son époque par son contenu et sa présentation, nous tenons le " Théâtre des machines " de LEUPOLD pour une tentative méritoire et sincère d'un " mécanicien " (c'est le titre qu'il se donne) pour créer une technologie populaire (2), offrant aux artisans non seulement des images de machines, mais aussi les renseignements nécessaires et suffisants pour que l'exécutant puisse parvenir à une réalisation convenable sans investissement personnel important.

En s'adressant aux praticiens et en présentant les renseignements sous une forme graphique qu'il voulait accessible, LEUPOLD (3) a fait oeuvre de précurseur et même de révolutionnaire. Son ouvrage s'apparente à ceux de Mathurin JOUSSE (4) ou de Philibert DELORME (5). Mais alors que ces auteurs, et plus tard ROUBO pour les menuisiers (6), VIGNOLE pour les bâtisseurs (7) ou MAROT pour les ornemanistes (8), s'adressaient aux représentants d'un seul corps de

---

(1) POLY (J.), van VOUREN (C.) : Grand traité des moulins, op. cité.

(2) Nous voulons dire "pour le peuple".

(3) L' opuscule de HAAS sur une nouvelle presse à imprimer, publié à BALE en 1772, participe du même esprit. Fig. 121
HAAS (W.) : Beschreibung und Abrisse einer neuen Buchdruckerpresse erfunden in Basel, chez le fils de l'auteur, 1790.

(4) JOUSSE (M.) : La fidelle ouverture de l'art du serrurier,
L'art du charpentier, op. cités.
Dans son "avis aux lecteurs et compagnons serruriers" JOUSSE exprime sa volonté d'évacuer le discours et de "laisser parler" le dessin : "j'ai cru procéder avec toute sincérité, poussé du seul desir de vous aider et soulager, et bien que ce discours ne soit enflé et fardé de circuits et ornements de paroles recherchées"; (La fidelle ouverture de l'art du serrurier où l'on void les principaux préceptes Desseings et figures touchant les expériences et opérations manuelles du dict Art).

(5) DELORME (Ph.) : L'oeuvre de Ph. DELORME, op. cité.

(6) ROUBO (A.J.) : Description des arts et métiers approuvée par Messieurs de l'Académie royale des sciences avec figures en taille douce, PARIS, SAILLANT, 1769-1770.
Les 2 tomes et 150 planches du ROUBO constituent une très bonne monographie sur le métier de menuisier à l'époque ; sur les travaux que le menuisier exécutait, ses méthodes, son outillage, etc... Bref, un bon livre de technologie, plus précis et plus détaillé que l'Encyclopédie.
Les représentations de meubles et huisseries sont correctes et mettent en oeuvre toutes les conventions dont nous avons parlé précédemment : élévation, plan, profil, coupes repérées, correspondance implicite des élévations et des plans.
Le ROUBO connaîtra de nombreuses rééditions. Nous avons nous-même utilisé le ROUBO moderne (DOURDAN, VIAL éd. 1930), version très abâtardie du "GRAND ROUBO".

(7) VIGNOLE (J.Barozzio de) : Livre nouveau ou règles des cinq ordres d'Architecture, PARIS, CHARPENTIER, 1757.

(8) Cf. infra, note 1, p. 61.

métier (1), LEUPOLD s'adresse au corps des mécaniciens qui n'existe pas encore en tant que tel. Pour une machine à feu, le charpentier construit le bâti, le maçon les soubassements, le chaudronnier la chaudière, le maître-horloger ou le maître-serrurier la partie mécanique ; le problème est de trouver un homme de synthèse pour assurer la coordination et rassembler et assembler les morceaux. Il est vrai que certains artisans doués ou opportunistes s'intitulent "machinistes pour machine en grand" (2), mais c'est un titre d'emprunt qui ne correspond à aucune structure corporative donc à aucune formation. L'idée de s'adresser aux mécaniciens est effectivement une idée prémonitoire, voire trop en avance pour l'époque, car il n'est pas sûr que, faute d'un enseignement unificateur et d'un décloisonnement corporatif, tous les artisans aient été à même d'assimiler et de mettre en oeuvre toute l'information qu'on leur offrait. Peut-être même ont-ils pu penser qu'il était superflu de leur donner des conseils pour l'exécution. La notion de dessin d'exécution viendra plus tard en mécanique, elle correspond à une structure de production qui n'existe pas encore pour les machines à l'époque considérée. L'oeuvre de LEUPOLD est révolutionnaire, car elle s'oppose à la vision débilitante que les " ingénieurs ", le plus souvent des architectes, des artistes ou des esprits curieux avaient ou donnaient de la machine en n'en montrant que ce qui pouvait intéresser une certaine classe de la société, c'est-à-dire l'aspect anecdotique et pseudo-fonctionnel.

Le caractère de classe du dessin de machine ressort du mode de représentation adopté. La perspective d'aspect, fortement influencée par le dessin d'art, lui-même conditionné par l'écriture narrative, est choisie pour son caractère figuratif qui appelle le discours et le vagabondage intellectuel. En dépit de la forte argu-

---

(1) MAROT (D.) : Oeuvre du sieur MAROT, architecte de Guillaume III, Roi de Grande-Bretagne, contenant plusieurs pensées utiles aux architectes, peintres, sculpteurs, jardiniers et autres, le tout fait en faveur de ceux qui s'appliquent aux Beaux-Arts, AMSTERDAM, chez l'auteur, 1700.

(2) En 1774, d'AUXIRON s'adresse à un certain DUTOUR, machiniste connu, pour faire construire la machine à feu de son bateau. De fait, DUTOUR était maître-horloger. D'AUXIRON s'était adressé auparavant à un charpentier qui se faisait fort de prendre avec lui les ouvriers nécessaires.

(3) Additif à la note (3) de la page 62.

En 1759, PATTE, architecte et graveur, donne au journal de FRERON, l'ennemi juré des encyclopédistes, une lettre accusant les éditeurs de l'Encyclopédie de s'être servi des planches commandées par REAUMUR pour les descriptions de l'Académie des Sciences. L'affaire fait grand bruit, et malgré la caution d'une commission de l'Académie des Sciences qui déclara avoir examiné les planches litigieuses et " n'avoir rien reconnu qui ait été copié d'après les planches de M. de REAUMUR ", il est évident que DIDEROT a largement utilisé, non seulement du travail de REAUMUR, mais tous les ouvrages dignes d'intérêt connus de lui.

Nous avons vu que ses moulins sont calqués sur ceux du Grand traité de POLY et VILL VOUREN, plusieurs jardins de l'article agriculture et économie domestique se trouvent dans DAVILER (1), l'article horlogerie, par ailleurs intéressant, non signé, mais facilement attribuable
Fig. 71 à J.B. LEROY, est illustré de gravures recopiées du traité de THIOUT (2) qui avait été déjà copié par LEPAUTE de l'aveu même de l'auteur. Détail piquant, en 1742, LEROY attaquait THIOUT dans un article des Mémoires pour l'histoire des Sciences et Beaux-arts (mars 1742) en
Fig. 125 l'accusant d'erreurs notoires. Notre figure 125 est extraite de l'Encyclopédie (planche de l'article horlogerie), mais ce développement de la répétition ordinaire se trouve dans le traité général des horloges d'ALLEXANDRE (1734) (3) avec quelques fautes qui ont été corrigées par le graveur de l'Encyclopédie, d'après A. PONS (introduction à la réédition des planches de l'Encyclopédie). Les dessins sur la fonte des statuts auraient été pris dans BOFFANT... Mais l'exemple le plus avéré est celui des planches IX à XXIV de l'article menuiserie. Si les planches I à IX correspondent bien à l'article menuiserie signé LUCOTE , les autres planches, qui font l'objet d'un simple commentaire joint aux planches, sont strictement copiées de BLANCHARD (4), sans qu'on sache pourquoi on est allé chercher ces épures très particulières dans un ouvrage peu accessible, alors que l'on ne trouve rien, ni à menuiserie, ni à charpente, sur le trait élémentaire.

Nous n'avons pas l'intention (ni tous les arguments) pour ouvrir ici un nouveau procès de l'Encyclopédie. Nous voudrions seulement rappeler que ce qui est généralement salué comme la révélation saisissante d'une technique jusqu'alors secrète est, sur plusieurs sujets, une compilation hâtive et fragmentaire d'ouvrages plus complets et plus sérieux, parus quinze ou vingt ans plus tôt. Encore qu'en matière de trait, FREZIER eût été bien préférable à l'obscur BLANCHARD.

---

(1) DAVILER (A.C.) : Cours d'architecture qui comprend les ordres de VIGNOLE, etc..., PARIS, LANGLOIS, 1691.

(2) THIOUT (A.) : Traité de l'horlogerie méchanique et pratique, op. cité, (1741).

(3) ALLEXANDRE (R.P.J.) : Traité général des horloges, op. cité, (1734).

(4) BLANCHARD (E.) : Traité de la coupe des bois, op. cité, (1729). Les planches de BLANCHARD sont signées d'AVELINE et E. BLANCHARD, celles de l'Encyclopédie, LUCOTE et BERNARD.

mentation de SIMONDON au sujet de l'Encyclopédie (1) et de la volonté affirmée de DIDEROT (2) de jouer un rôle de vulgarisateur et de divulgateur de la technologie, les planches de l'Encyclopédie n'échappent pas totalement à ce reproche. On connaît, à propos de ces planches, la controverse qui opposa DIDEROT à l'Académie des Sciences qui, depuis 1694, rassemblait gravures et dessins pour sa propre " description des arts ".

DIDEROT, se procura ces gravures et s'en servit sans vergogne. L'une des sources de l'Académie des Sciences étaient les inventions soumises à approbation dont le Conservatoire des Arts et Métiers détient un certain nombre (3). A propos de ces dessins, dont nous donnons quelques exemples, deux hypothèses peuvent être formulées : ou bien ils sont l'oeuvre d'inventeurs non techniciens qui ne sont à même que de présenter le principe général, ou bien les dessins sont l'oeuvre de praticiens qui s'efforcent de donner de la machine l'image que l'on en attend, aussi inauthentique soit-elle. Les deux origines semblent exister dans la collection des machines approuvées et dans les deux cas les dessins sont d'une égale indigence technique. Pourtant, c'est à partir de ces dessins que REAUMUR faisait graver les planches de la future " description des arts " publiée en 1761. Les traits en croix sur certains dessins signifiant que le graveur a fait son travail et non que le dessin est rejeté (4). Fig. 66-67-68

On trouve une machine à tailler les limes chez LEONARD de VINCI (1500 environ) (5), dans JOUSSE (1627) dans THIOUT (1741) et dans l'Encyclopédie ; Fig. 63-64

---

(1) " La grandeur de l'Encyclopédie, sa nouveauté, résident dans le caractère foncièrement majeur de ces planches de schémas et de modèles de machines, qui sont un hommage aux métiers et à la connaissance rationnelle des opérations techniques. Or, ces planches n'ont pas un rôle de pure documentation désintéressée, pour un public désireux de satisfaire sa curiosité ; l'information y est assez complète pour constituer une documentation pratique utilisable, de manière telle que tout homme qui possède l'ouvrage soit capable de construire la machine ou de faire avancer par l'invention l'état atteint par la technique en ce domaine. "
SIMONDON (G.) : Du mode d'existence des objets techniques, PARIS, AUBIER, 1958, p. 93.

(2) Dans sa préface DIDEROT éprouve le besoin de se démarquer de LEUPOLD, ce qui est assez significatif de la portée de l'oeuvre et de cet auteur.

cf. additif ci-ant (3) Machines approuvées par l'Académie des Sciences de 1725 à 1777. 115 dessins manuscrits de 1699 à 1732, C.N.A.M. B.8.

(4) La rédaction des notices (84 monographies) est de DUHAMEL du MONCEAU et LALANDE. Cf. BERTRAND (J.E.) : Description des Arts et Métiers, NEUCHATEL, 19 tomes, SOCIETE-TYPOGR., 1771-1783, op. cité.

(5) Cod. Atl., Fol. 6 recto B.

celle présentée à l'Académie des Sciences pour approbation par le sieur du VERGER en 1699 est sans valeur technique. La corde pour tirer le porte-limes rend très incertaine la régularité de la taille, l'élévation des maillets est insuffisante pour assurer une percussion convenable ; quant à l'avance des limes, elle correspond une fois à deux coups des maillets sur les burins, une autre fois à un coup. D'autres anomalies sont dues tout autant à une mauvaise conception qu'à un dessin déficient ; on ne sait rien sur le guidage du porte-limes, l'arbre sur lequel s'enroule la corde de traction est de travers, l'une de ses extrémités reposant dans une gorge de la table et l'autre passant dans un support situé sous le longeron, la roue à cliquet est en porte-à-faux, le tambour de commande des maillets est seulement posé dans les gorges des montants, etc... La machine pour favoriser les forces mouvantes (1725) est basée sur la suppression du frottement des axes du tambour dans leurs logements et son remplacement par un roulement sur la périphérie de deux plateaux. Cette solution compliquée préconisée par Huygens pour le pendule n'est pas très convaincante malgré un dessin géométral assez ferme en élévation et profil partiel avec correspondance et échelle qui donne une indication sommaire sur la cinématique de la machine. L'approbation de RÉAUMUR ne comporte qu'une réserve sur l'emplacement de la manivelle sur le profil, on en voit mal la raison (1) et (2).

Fig.66

Fig.67

Le dessin des cylindres creux pour suspendre les carrosses (1700) donne deux fois la même élévation. L'emploi de ressorts de

Fig.68

---

(1) La seconde signature est celle de MAIRAN.

(2) FONTENELLE, dans sa préface à l'Histoire de l'Académie Royale des Sciences (tomeI, 1733), est plus critique quand il écrit : " D'ailleurs il se propose quelquefois de nouvelles inventions, que leurs auteurs, séduits par le charme de la production, ont rendues si précieuses qu'à peine en peut-on apercevoir les inconvéniens, ou les impossibilités, et il est de l'intérêt public qu'il y ait une Compagnie toujours en état de les examiner, et d'en faire l'épreuve, après quoi les défauts seront découverts, et peut-être même réparés ".

Au sujet d'inventions spécieuses, la revue Pétrole progrès n°90, hiver 1971-1972, a publié 82 dessins de machines à mouvements perpétuels. C'est VILLARD de HONNECOURT qui ouvre la série. (" Maint jour, se sont maîtres disputés pour faire tourner une roue par elle seule. Voici comment on peut le faire par maillets non pairs ou par vif-argent ".). En Angleterre, de 1617 à 1903, 600 brevets ont été pris concernant le mouvement perpétuel, 25 seulement sont antérieurs à 1885, donc à CARNOT, KELVIN et CLAUSIUS.

Une conclusion : le dessin est le véhicule d'une information, il n'est en rien (ou presque) le garant de la qualité de cette information.

traction n'est pas judicieux, le seul point intéressant : la fixation des ressorts au tube et au coulisseau n'est pas montrée. Par contre, le reste du format est occupé par le dessin perspectif à la plume d'un carrosse ornementé avec chevaux !

On remarque que plusieurs fois des déposants ont tenté de faire oublier ou excuser la technicité, pourtant faible, de leurs dessins en y ajoutant un élément décoratif. Cette servilité respectueuse, qui rappelle les politesses formelles de la correspondance écrite, va dans le sens attendu. RÉAUMUR ne fait, sur les 115 dessins, qu'une seule remarque de fond, toutes les autres annotations ont trait à la présentation.

Pour toutes les raisons données précédemment : cloisonnement des corporations, absence d'un corps constitué de mécaniciens, dimension et type de fabrication permettant encore à l'artisan de résoudre les problèmes quand ils se posent et absence d'un commencement de technologie inductive faute d'expérience, la construction des machines marque, au cours du XVIIIe siècle, un sérieux retard sur les autres domaines techniques, corrélativement le dessin s'en ressent. Faute d'avoir quelque chose à exprimer graphiquement, on dessine peu ou dans un registre mineur, faiblement porteur de renseignements techniques.

Mais après les pompes à feu qui appartiennent encore au domaine de l'improvisation hasardeuse (du moins en France) (1) ; après le fardier de CUGNOT (1770) grossièrement charpenté et pourtant fragile à l'extrême au niveau de l'axe de la roue avant ; après le tour à charioter de VAUCANSON (environ 1751), exemplaire unique, construit tout en force, enclos dans sa charpente en fer de 40 boulonnée et soudée à chaud, avec, pour le chariot porte-outil, cette néfaste surabondance de guidages dont la machine-outil ne s'est pas encore entièrement débarrassée, voici que se produit un événement de la plus haute importance découlant d'une convention commerciale passée, le 24 janvier 1779, entre la firme BOULTON et WATT et les Frères PERIER. Nous reviendrons sur les circonstances de cet événement où le dessin technique a joué pour la première fois un rôle fondamental en " cons-

---

(1) Alors qu'en France la première pompe à feu, importée d'Angleterre, est installée en 1726 à Passy, une trentaine de machines fonctionnent déjà en Angleterre (estimation approximative). On trouve dans les " machines approuvées " une machine pour élever l'eau par le moyen du feu par M. de BOSGRAND (?) (1727), approuvée en 1732. Cette machine très rudimentaire (du moins dans sa représentation graphique) ressemble à la toute première machine de NEWCOMEN.

truction mécanique ", domaine sur lequel nous allons centrer la suite de notre étude.

8 - LA REPRESENTATION DES FORMES

Il nous reste, avant d'aller plus avant, à examiner la question du choix des modes de représentation graphique des origines jusqu'à la fin du XVIIIe siècle. Ce sont en fait deux histoires qu'il nous faut retracer et comparer en les opposant à la notation phonétique.

La première sera celle du graphisme plastique considéré comme l'expression d'une vision du monde, reflet d'une façon de penser ou d'une façon de s'exprimer. Son évolution, plus cyclique que linéaire, passe alternativement du symbolisme au figuratif. La seconde est celle du graphisme technique dont nous avons déjà donné les traits essentiels et pour lequel il nous suffira de rappeler que, très lié à l'évolution des techniques, à leur nature et aux structures corporatives, il est, dans notre thèse et jusqu'au XVIIIe siècle, un reflet d'une façon de faire. Il serait donc erronné de rechercher les raisons de l'évolution en dehors de l'évolution des techniques.

Pour LEROI-GOURHAN (1) le symbolisme très abstrait des graphismes rupestres primitifs (- 35 000) ne peut s'expliquer que par référence à un contexte oral irrémédiablement perdu, mais dont on peut affirmer l'existence, le graphisme symbolique n'étant qu'une fixation dans deux ou trois dimensions de concepts déjà hautement organisés par le langage. Ce commencement d'écriture " mythogrammique " aurait évolué vers la schématisation, puis l'idéogramme pour l'écriture chinoise, vers la création de signes qui correspondent à des mots eux-mêmes décomposables en signes élémentaires en nombre limité pour les écritures alphabétiques.

L'évolution générale de l'écriture sous-tend une série d'évolutions dans les laps de temps plus réduits portant sur le dessin, la sculpture, le spectacle. Au fil des millénaires, (de - 30 000 à - 8 000), on assiste à une évolution vers le réalisme pictural, comme si la durée entraînait le graphisme vers un point de coïncidence entre l'image et la réalité dont l'exacte correspondance interdit toute polysémie, et dans un certain sens n'apporte plus aucune information, image et réalité se renvoyant l'une à l'autre, point par point, indéfiniment. La seule issue à cette situation extrême est un recommencement du cycle par recréation d'un art disposant d'une certaine

---

(1) LEROI-GOURHAN (A.) : Le geste et la parole, PARIS, A. MICHEL :
tome I : Technique et langage, 1964 ;
tome II : La mémoire et les rythmes, 1965.

" différence de potentiel " par rapport à la réalité.

L'examen " microscopique " de l'histoire de l'art montre l'aspect inéluctablement cyclique dans lequel est enfermé tout système de représentations destiné à exprimer et, autant que possible, à communiquer une information liée à la subjectivité de l'émetteur et à celle du récepteur, qu'il soit potentiel (comprenne qui pourra), ou effectivement existant (l'artiste s'adresse à tel groupe social à tel moment de son histoire par le canal de tel sens).

A l'échelle " macroscopique ", les systèmes de représentation apparaissent pour Mc LUHAN (1) comme ayant été fortement marqués par le passage du parlé à l'écrit de grande diffusion, c'est-à-dire à l'imprimé. La structure des récits que LEROI-GOURHAN place hypothétiquement en arrière-fond des mythogrammes rupestres est restée inchangée jusqu'à la diffusion de l'imprimé dans nos régions, elle se perpétue dans les groupes non munis d'une écriture phonétique. Il est donc possible d'en reconstituer la teneur en rapprochant le récit de ce qui lui servait de support : corde à noeuds des Indiens, churinga des Australiens, chapelets, planchettes entaillées sont, en trois dimensions, les équivalents du graphisme primitif qu'on retrouve dans des manuscrits relativement récents, comme le recueil de planches ésotériques, publié en 1470 par Raymond LULLE sous le titre d' " ars memorandi ", sur les quatre évangiles. En se rappelant chaque planche de l' " ars memorandi " on pouvait, à travers les symboles qu'elles contenaient, raconter l'histoire sainte. Le récitant, tel le conteur antique, brodait sur un thème sans souci excessif de la chronologie et de la linéarité; multipliant, comme les dessins de LULLE le suggèrent, les superpositions de plans, sacrifiant la dimension temps à la dimension sociale et humaine des personnages et à la mise en relief des rapprochements ou des oppositions de situations apparemment sans relations directes entre elles. Pour Mc LUHAN, la diversité instantanée des points de vue, l'imbrication des phases du récit, le non-respect des relations temporelles et spatiales, se retrouveraient très directement dans le graphisme.

Il est vrai que les scènes peintes par les Egyptiens ou les Grecs suivent le déroulement d'un récit oral et non le déroulement logique d'une action ordonnée dans le temps. Ces deux linéarités distinctes se sont conservées de nos jours dans des civilisations à tra-

---

(1) Mc LUHAN (M.) : La galaxie Gutenberg, PARIS, MAME, 1967.

ditions orales comme les peuples d'Afrique du Nord et d'Afrique Noire (1) (2). La thèse d'une relation profonde entre le " dit " et le dessiné éclaire d'un jour nouveau les dessins du Xe au XVIe siècle dont le graphisme gauche a souvent été pris pour de la naïvité ou de la maladresse. C'est ainsi que la disparité de dimensions des personnages correspond à leur importance relative dans le récit, la dimension " héroïque " étant réservée aux Rois, Architectes, Evêques, etc... La multiplication des points de vue, si caractéristique de la narration

---

(1) Nous avons relevé dans une dissertation d'un Elève-Inspecteur africain francophone l'expression " comme nous l'avons dit plus loin ", sciemment employée. C'est " plus haut ", " ci-dessus ", ou " précédemment " que nous aurions écrit, car nous avons l'habitude d'organiser une dissertation linéairement. Mais si le rédacteur se considère comme le centre d'émission du texte, " plus loin " est alors valable dans toutes les directions, c'est l'éloignement par rapport à la chronologie du récit et non par rapport à la chronologie de la lecture qui est pris en référence.

(2) Ayant eu à enseigner le dessin à des élèves nord-africains, enfants de travailleurs immigrés, nous avons été frappés par la difficulté qu'avaient ces jeunes à reconstituer un volume à partir de " vues ", alors que par ailleurs ces élèves se distinguaient par leur vivacité intellectuelle ; nous nous sommes souvent demandé quelle pouvait être l'origine de cette difficulté. L'hypothèse d'une influence culturelle diffuse mais profonde n'est pas à repousser. On sait la répugnance qu'ont les islamiques à représenter les corps " portant de l'ombre ", mais est-ce l'émergence, à travers un interdit religieux, d'une dominante psychologique ou, au contraire, la religion, et plus généralement la civilisation orale, qui ont modelé la perception ? FERENCZI, dans une étude sur la perception de l'espace projectif chez des travailleurs africains, penche pour la seconde hypothèse, nous y reviendrons en étudiant les bases psychologiques de la perception.
Sans développer ici une étude sur le graphisme technique chez les artisans d'Afrique du Nord, étude pour laquelle nous n'avons pas tous les éléments, nous rapporterons deux observations. Elles ont été faites au cours de voyages au Maroc, en Algérie et en Tunisie. Les dinandiers de FEZ, avec lesquels nous avons pu nous entretenir en présence de professeurs du C.E.T. de l'artisanat, travaillant sur des " flans " déjà emboutis, toujours circulaires. Ils tracent directement sur le cuivre, d'après un " projet " mental fortement influencé par la tradition et limité par leurs capacités (ces tracés sont souvent l'oeuvre de jeunes enfants), une figure géométrique au compas à pointes sèches du type rosace. Le plateau se trouve donc divisé en compartiments en nombre toujours pair.
A l'aide d'outils à main en acier portant un motif formant une unité reproductible, les dinandiers commencent à remplir les compartiments d'après un motif imaginé. Ils se réfèrent parfois à du déjà fait, jamais à un dessin. En fait, il n'y a imagination que sur 1/16e ou 1/24e du plateau puisque le motif est reproduit " kaléidoscopiquement ". Quelques tracés complémentaires sont faits au cours du travail.
Les imperfections (toujours apparentes pour qui regarde attentivement) sont masquées par la profusion des remplissages ou des détails surajoutés. Pour les stucateurs et ciseleurs nous avons pu faire quelques observations dans des édifices en cours de réfection.

Les Marocains utilisent comme base de leur art ornemental deux types de motifs : le " testir " et le " tourig ". Ces formes fixes, qui ne peuvent donner qu'un nombre limité de combinaisons, parfaitement

Suite de la note 2 de la page précédente.

symétriques, se reproduisent à l'infini d'une façon régulière et géométrique.[" Testir " signifie littéralement : tracé à lignes droites. Pratiquement cette expression est réservée à la désignation des entrelacs géométriques irradiant à partir d'une étoile centrale qu'on appelle quelquefois " toile d'araignée du Prophète ".
Le principe du dessin est très simple : une étoile (en arabe " khatem " = sceau) en est le centre. Si l'on prolonge extérieurement chacune des portions de droites qui en forment le contour, on obtient une deuxième étoile dont les pointes et les branches ébauchent des figures incomplètes. La façon dont, pour les achever, on tracera de nouvelles lignes droites recoupant les premières, déterminera l'aspect de la périphérie du testir qui, d'ordinaire, se raccorde à un testir voisin.
" Tourig " : le tourig sert de décor fondamental, c'est un ornement représentant des feuilles stylisées (arabesques). Sans doute, le tourig offre les apparences d'un décor moins abstrait, plus près de la vie que le testir. Au fond, sa nature est la même. Les artisans cherchent à réaliser des chefs-d'oeuvre de géométrie curviligne comme, en prolongeant et entrecroisant les côtés des polygones, ils expriment leur penchant pour la géométrie des lignes droites.
Il existe aussi " les nids d'abeilles " à trois dimensions. On retrouve leur application dans la pierre et le bois. Ces motifs (en arabe " mquarbes ") paraissent avoir pour origine la trompe d'angle servant de support au pan coupé dans les coupoles octogonales sur base carrée. Sans qu'il soit possible d'affirmer que l'idée de réaliser le support, en superposant et juxtaposant plusieurs trompes, soit d'invention musulmane, il n'est pas douteux que les musulmans ont tiré de cette invention les jeux très compliqués d'alvéoles et d'encorbellements qui constituent les véritables nids d'abeilles. Les motifs sont géométriques : stalactites, triangles, losanges, polygones, combinés et entrelacés.

Les décorations murales (mosaïque ou stuc ciselé) sont celles déjà dites (tourig), à laquelle s'ajoute l'écriture décorative, reproduction de versets du Coran chantant la gloire du dieu triomphant. Ces ornements sont typiques de l'art musulman du Maghreb et des pays ayant subi cette influence, la reproduction des êtres animés étant proscrite par la religion.
L'architecture rappelle dans ses grandes lignes l'architecture byzantine et l'architecture perse auxquelles elle a emprunté : dômes, coupoles en pendentif et plafonds voûtés. Les colonnes à chapiteau corinthien sont empruntées à l'art grec, mais très amincies. Quant aux arcs, si typiques, ils se résument, pour les tracés, à quatre formules simples :
- Le plein cintre. Il s'établit en prenant pour centre de l'intrados le milieu de la plus grande largeur de l'arc.
- L'arc à cinq divisions (quaous khomaci) qui a deux centres. Pour l'obtenir, l'artisan divise la partie la plus large de l'arc en cinq parties égales. Le centre de chaque portion d'arc est le point de division le plus rapproché du milieu.
- L'arc à six divisions (quaous seddaci). Les centres des demi-arcs sont pris à la moitié de la division la plus rapprochée de l'axe, à droite et à gauche.
- L'arc à sept divisions (quaous sebbaï) dont le tracé est semblable au précédent.

On voit que ces arcs sont d'un tracé simple à deux centres. Ce qui distingue l'arc rentrant (ou berbère) de l'arc non outrepassé,

épique des chansons de geste (1) ou du style de RABELAIS " attaché à reproduire le mouvement, l'effort de la vie dans l'infinie divergence de ses directions " (2) et même, plus tardivement, de MONTAIGNE, trouve sa réplique dans les dessins de l'époque constitués le plus souvent par le rassemblement sur une seule vue de plusieurs traits caractéristiques non cohérents. Le résultat est un dessin composite qu'il serait hasardeux d'assimiler à une perspective, puisqu'il n'entre pas dans les intentions de l'artiste de se limiter à un seul point d'observation physique ou intellectuel. Pour bien comprendre ces dessins du Moyen Age et du début de la Renaissance - d'ailleurs techniquement semblables à ceux de l'antiquité grecque et égyptienne - , il faut penser que l'observateur, physiquement et intellectuellement, n'est pas statique (3). VILLARD de HONNECOURT dessinant une ville, présente

Fig. 76 à 90

Fig.79

Suite de la note 2 des pages 67-68.

c'est que, pour le premier, la courbe continue au-dessous de la ligne horizontale de la plus grande largeur, alors que la seconde courbe tombe à l'alignement des piédroits de l'ouverture.
Tous ces tracés sont généralement exécutés directement sur place.
Nous avons rencontré quelques artisans disposant de modèles dessinés comme ceux de nos ornemanistes, mais nos propositions de copie ou d'achat se sont heurtées à un refus. Méthodes et attitudes de l'artisan marocain nous ont semblé très proches de celles de l'artisan du Moyen Age (tracés simples mais jalousement conservés). La thèse de Mc LUHAN, que nous discuterons par la suite, reçoit ici une sorte de confirmation, le caractère répétitif de la décoration n'est pas sans relation avec la mélopée des chanteurs et récitants arabes.

Enfin nous avons fait l'inventaire du matériel d'un stucateur et nous avons trouvé :
- une truelle,
- un couteau pour le tracé,
- divers petits outils pour le ciselage,
- une barre de bois servant de niveau. La barre de bois, trempée dans l'eau, des gouttes s'y suspendent, leur sens de glissement indique qu'il y a non-horizontalité,
- une pierre au bout d'une ficelle (fil à plomb),
- une ficelle, représentant un pas d'arpenteur (environ 1 m).

Le tout dans un couffin de palmier.
Dans les temps anciens et jusqu'au début du siècle, l'unité de mesure était la largeur du bas de gandoura, jambes écartées.
On rapprochera ce matériel de celui du charpentier égyptien donné au début de cette étude.

(1) Ce que l'on ne peut appréhender par la seule lecture, ces chansons étant faites pour être dites mimées par plusieurs récitants à la manière du chant canon, lui aussi caractéristique de la technique de composition par plans superposés.

(2) LANSON (G.) : Histoire de la littérature française, PARIS, HACHETTE, 12e édition, 1972, p. 259.

(3) FLOCON (A.), TATON (R.) : La Perspective, PARIS, P.U.F., 1970.

sur le même dessin une élévation, un profil de trois quarts et les tours vues à vol d'oiseau. Sous la planche 59 il écrit : " Voici l'élévation (la droite montée) des chapelles de l'église de REIMS et la façon dont elles sont étagées à l'intérieur ". Or, cette " élévation " est en fait le panorama de ce qu'un observateur, situé dans l'église, à mi-hauteur du choeur, voit en portant successivement le regard en face, vers le bas, puis vers le haut. L'effet de perspective à point de fuite très rapproché est involontaire chez VILLARD. La planche 61, qui montre la façade latérale de cette même cathédrale de REIMS, commence par une élévation, puis l'auteur montre la coursive extérieure en plan et reprend la suite de l'élévation. La représentation en plan rabattu est aussi très ancienne, nous en avons des exemples sur les papyrus égyptiens. Le plan d'une habitation de TELL EL AMARNA est d'une technique un peu différente (tous les rabattements successifs se font dans le même sens). Fig. 4 Le plan d'une ville, de Barnaby GOOCH (1585), bien que d'une date tardive, est caractéristique de la facture des dessins en plans rabattus. Fig.85 Pour avoir une vision cohérente de la ville, le spectateur est obligé de changer constamment de point de vue, c'est seulement lorsqu'il l'aura entièrement visitée, qu'il en aura la clé. De tels plans peuvent aussi bien servir de support à la description de ce que voit un voyageur arrivant par le Nord, par le Sud, etc... Les techniques des points de vue multiples et des plans rabattus continueront longtemps à être utilisées, consciemment ou non. Un canon du manuscrit de la guerre hussiste (1430), une clé de JOUSSE (1627), une seringue de MONGE (1794), comportent la même " faute " qui consiste à présenter sur le même dessin l'élévation et le profil de l'objet cylindrique. Fig.87-88-89 Quant aux plans rabattus, peut-être inspirés par la stéréographie, nous en avons trouvé encore une trace dans certaines planches de l'Encyclopédie (1). Fig.90

Cependant, à la fin du XVe siècle, une tendance fixiste et réaliste pousse les artistes à rechercher les lois de perspective à point de vue unique, permettant de représenter sur une surface plane des objets de telle façon qu'ils semblent y avoir la même forme et la même position les uns par rapport aux autres que les objets situés dans l'espace réel pour un observateur dont le point de vue est unique et constant. C'est une attitude très nouvelle et rien ne laisse penser que jusqu'alors on n'ait jamais eu, en théorie ou en pratique, la moindre idée d'une perspective à point de vue unique. Le terme de " perspectiva " ou " prospectiva " n'était employé au Moyen Age que pour l'optique et les phénomènes lumineux. En 1443, l'architecte Battista ALBERTI, dans son " trattato della pittura ", développe une théorie de la perspective

(1) de MONTABERT a donné une sorte de justification des plans rabattus sous le titre de " dessin stéréographique ". MONTABERT (P. de) : op. cité.

basée sur le concept de rayon lumineux. D'après ses définitions, la surface sur laquelle on dessine peut être considérée comme un plan transparent situé entre l'observateur et la scène que l'on veut représenter perpendiculairement à l'axe de la pyramide ou du cône visuel dont le sommet est dans l'oeil du dessinateur et dont les rayons rejoignent les points remarquables de l'objet représenté. C'est de ce concept qu'est issue la méthode du " pavement fictif ", également développée Fig.93
par Jean PELERIN dit le VIATOR (1505) (1) dans un traité qui se donne comme but " d'exercer à pourtraire et figurer artificiellement les choses vues et conçues ". La technique est simple et se limite à la mise en place du pavement. Comme il le dit lui-même en conclusion de Fig.92
son " exposition sur la précédente ", " le surplus à la discrétion ". La méthode connut un grand succès : le château de Philibert DELORME (1567)(2), le tour de BESSON (1582) sont exécutés " aux pavements " (3). LEONARD de VINCI qui connaissait BRUNELLESCHI (4) et ALBERTI s'in- Fig.99-
téressa très vivement à la perspective (5). Considérant que le point 100-101
de vue, ou encore " point de distance " O' est choisi arbitrairement, il montre qu'il y a toutes les manières de le mettre en position, mais la plus simple consiste à prendre la diagonale du carré OO'AB. Cette évolution est remarquable, car on ne peut déjà plus parler de rayon lumineux, mais plutôt de construction géométrique. Ce second concept est à la base de la " construzione legittima " selon les lois de la Fig.94
géométrie euclidienne qui abandonne totalement la référence à l'observateur et se donne une construction à plat comme dans la " construction légitime abrégée " où XY est la ligne de sol divisée en parties égales, la suite de la construction apparaît d'elle-même. La " construzione legittima " complète se faisant à partir d'une élévation et d'un plan par report et correspondance, elle est décrite pour la première fois de manière claire dans le traité " De prospectiva pingendi " de Piero della FRANCESCA, écrit vers 1470 mais imprimé seulement en 1899. On peut constater en comparant la figure 95 à la fi-

---

(1) PELERIN (J.) : Artificial perspectiva, fac-similé par TROSS, PARIS, 1860, d'après l'édition seconde, 1505.

(2) DELORME (Ph.) : Op. cité, livres VII et VIII, plusieurs dessins au carreau.

(3) LEROY (C.F.A.) : Traité de stéréotomie, PARIS, GAUTHIER-VILLARS, 1850, (12e édition 1890), donne encore cette méthode dans une présentation identique à celle du VIATOR (pl. 16).

(4) BRUNELLESCHI : mort en 1446, aurait étudié la perspective avant ALBERTI.

(5) Dans sons ouvrage " Divina proportione ", paru en 1509 à VENISE, PACIOLI se réfère au " cenacolo " de LEONARD de VINCI, " très digne peintre en perspective, architecte, musicien, doué de toutes les capacités ".

gure 102 que la construction proposée par HACHETTE dans sa géométrie descriptive (1) ne diffère de la construzione legittima que par le vocabulaire et l'inclusion de la construction dans le cadre d'une théorie générale. Nous avons déjà montré qu'il en allait de même avec les tracés de charpenterie et de stéréotomie. Fig.95 Fig.102

Albrecht DÜRER, dans son "traité des proportions" (1528) (2), a remarquablement dominé le problème des représentations en géométral en introduisant systématiquement les lignes de correspondance alors que ses contemporains utilisaient encore les reports au compas. On trouve chez DÜRER des élévations, des plans (qu'il appelle "fondement renversé"), des profils en correspondance. La connexion entre fondement renversé et profil se faisant par un renvoi à 45°, désigné sous le nom de "transférant". L'homme debout est un exemple d'application de cette méthode. Dans d'autres cas, DÜRER enferme l'objet à représenter dans une sorte de boîte de projection (mais pour lui ce sont des "carrés droits angulaires") comme on peut le voir dans ses études de parties de corps humain. Fig. 114-115

En matière de perspective, DÜRER expose, sans s'étendre, les trois méthodes connues à l'époque : la "construzione legittima" et la "voie abrégée", dites "perspectives artificielles" et la méthode basée sur le concept de rayon visuel, dite "perspective naturelle" par opposition aux précédentes. Avec la seconde méthode, le tableau "est une fenêtre à travers laquelle nous regardons une section du monde visible" (ce qui donne à "perspective" tout son sens étymologique). Trois appareils simples permettant de matérialiser ou de séparer les rayons visuels sont proposés ; les figures relatives à ces appareils sont bien connues (3) : il s'agit du peintre et son modèle pour le portillon à vitre, du peintre et du nu féminin pour le portillon à quadrillage et du peintre et du luth pour l'appareil à fil tendu et réglette de détermination des coordonnées. DÜRER développe ensuite une méthode d'anamorphose à partir du réseau des proportions que l'on déforme en usant d'un "compasseur" qui peut être un "variant" pour les simples changements de dimensions proportionnels ou un "corrompteur" Fig.96

---

(1) HACHETTE (H.) : Traité de géométrie descriptive, PARIS, COREY, 1822.

(2) DÜRER (A.) : Les quatre livres d'Albrecht DÜRER, peintre et géomètre très excellent de la proportion des parties et pourtraits des corps humains, traduits par Loys MEIGRET lionnois de la langue latine en français, PARIS, PERIER, 1557.

(3) Ces deux premières figures manquent dans l'ouvrage conservé à la B.N. de PARIS. On peut remarquer que la table sur laquelle est posé le luth est une table de dessinateur exactement semblable à celle de Matthew BAKER (1586).

pour réussir des grotesques (1). Toutes ces méthodes sont basées sur les proportions. Dans ses constructions géométriques, DÜRER va jusqu'à l'intersection d'un cône par un plan. Sa méthode graphique est celle des plans parallèles. La courbe d'intersection est reconstruite en dehors des figures (2).

On trouve donc chez DÜRER une théorie très cohérente des représentations en trois vues bien qu'il n'ait jamais parlé de projection et, qu'à son grand regret, il n'ait pu mener jusqu'au bout son projet et tirer toutes les conséquences d'une méthode qui n'était pas originale (3), mais qu'il a su, par ses qualités didactiques (surtout par ses dessins, car son texte est assez lourd et plein de redites), mettre à la portée du plus grand nombre. C'est ce qui explique le succès considérable de son ouvrage et des rééditions d'ouvrages similaires qui suivirent. Une mauvaise extrapolation de la méthode de DÜRER : le livre de portraicture de Jean COUSIN (1571) " contenant par une facile instruction plusieurs plans et figures de toutes les parties séparées du corps humain ; ensemble des figures entières tant de profil et de dos ; avec les proportions, mesures et dimensions d'icelles et certaines règles pour raccourcir par art toutes les dites figures " connut 24 éditions successives. La planche 116 est extraite d'une édition non datée (4). Parmi tous ces ouvrages, la " perspective " de MAROLOIS (1629) (5) mérite une mention spéciale. Le terme de projection

Fig.116

Fig.97

---

(1) Ces termes sont ceux employés par MEIGRET dans sa traduction.

(2) DÜRER (A.) : Underweysung der Messung... (instructions sur la manière de mesurer à l'aide du compas et de l'équerre les lignes, les plans et les solides , ouvrage composé par A. DÜRER, destiné à tous les amateurs de l'art), NUREMBERG, 1525.

(3) " DÜRER, lors de son séjour à VENISE, fait le voyage de BOLOGNE pour s'initier aux " secrets de la perspective ". Il s'agissait, en effet, d'un savoir accessible aux seuls initiés : quelques peintres, architectes, sculpteurs, hommes de science, humanistes, formant des " cenacoli ", cénacles dont la liberté de pensée échappait largement aux contrôles sociaux et religieux et n'était bornée que par le bon vouloir ou le caprice du mécène. Ce n'est qu'au cours du XVIe siècle que la multiplication des sources d'information par l'imprimerie ouvre plus largement l'éventail des chercheurs. De tels cénacles existaient à FLORENCE, à MILAN, à VENISE, à BOLOGNE et, un peu plus tard, à NUREMBERG et ailleurs. " A. FLOCON et R. TATON : La perspective, op. cité, p. 45.

(4) COUSIN (J.) : L'art du dessin, démontré d'une manière claire et précise, revu, corrigé et augmenté d'après les meilleures éditions par LECLERC, PARIS, BERNARD, s.d.

(5) MAROLOIS (S.) : La perspective contenant tant la théorie que la pratique et instruction fondamentale d'icelle, AMSTERDAM, 1629, (cité par BOOKER). La B.N. n'a pas cet ouvrage de MAROLOIS, son " opera mathematica " publié à ARNHEM en 1614 ne dit rien de la perspective.

était déjà employé, par DÜRER en particulier, dans le sens de projection à travers le plan du tableau du " portillon ". MAROLOIS, tout en reprenant les deux méthodes fondamentales de la perspective, introduit, sans en remarquer toute la portée, la notion nouvelle de projection sur un plan qui sera à la base de la géométrie descriptive de MONGE, 170 ans plus tard (1). Il développe aussi une codification des appellations des vues, sans approfondir la relation entre l'ICNOGRAPHIE ou ICHNOGRAPHIE qui désigne la représentation de ce que l'on voit de dessus ou à un niveau quand on a coupé par un plan parallèle à la base et l'ORTHOGRAPHIE qui désigne les représentations en vue de face ou de profil (directement opposées au regard) ou les coupes par un plan perpendiculaire à la base. Fig. 98

Les perspectives non coniques, à fuyantes parallèles, ont été employées intuitivement vers le XIIe siècle. Au XVe siècle, on trouve plusieurs exemples de perspectives s'apparentant à ce que l'on nomme aujourd'hui " perspective isométrique ", on ne sait pas s'il s'agit d'une simplification de la perspective naturelle à point de vue unique avec apparition d'un concept de rayons visuels parallèles (2) ou d'une perspective artificielle basée sur une méthode de construction euclidienne à plat (3). Ce genre de perspective, surtout employé par les militaires, n'a pas eu les honneurs d'une diffusion imprimée comme les perspectives artistiques. DUBREUIL, cité par A. FLOCON, écrit : " Le nom de perspective militaire qu'on donne aux élévations géométrales fait assez connaître qu'on en laisse l'usage aux gens de guerre... (elles se font en élevant des perpendiculaires, à l'échelle du plan sur tous les points significatifs et en traçant des fuyantes obliques parallèles) sans y employer le travail qu'il faut prendre en suivant les règles de la perspective régulière qui demandent des sujétions mathématiques qui en rebutent beaucoup " . Fig. 111à113 et 103à108

---

(1) On a vu que FRÉZIER (1737) a précisé le concept de géométrie projective et le sens des termes employés par MAROLOIS. (cf. supra, p. 43).

(2) Ce qui semble être le cas chez LEONARD de VINCI pour certains croquis rapides avec souvent une tendance à la perspective cavalière (voir sa très belle machine à tréfiler). Dans son laminoire pour la formation des volutes de plomb ou de cuivre, MSG., Fol. 70 verso, LEONARD semble avoir d'abord fait une élévation et un plan en correspondance (ce qui est rare chez lui) puis par un " remord " avoir ajouté quelques fuyantes pour créer un effet perspectif. Fig. 62-63

(3) Comme celle que formalisera FARISH en 1820. Le concept de perspective suivant une direction donnée (projetante) n'apparaîtra, en géométrie projective, que plus tardivement (1857).

La diffusion du livre imprimé se situant entre 1450 et 1500, nous avons largement dépassé la période dont Mc LUHAN fait dans sa thèse une période cruciale. D'après Mc LUHAN, l'imprimé aurait provoqué un changement profond dans la façon de penser et, par contre-coup, une mutation de tous les autres modes d'expression. Les traits caractéristiques de la pensée de l'homme de la " Galaxie Gutenberg " seraient la linéarité, imposée par la composition typographique et par l'organe de perception privilégié que devient l'oeil (aù détriment de l'oreille) ; l'individualisation du point de vue, par la situation du lecteur seul en face du texte : le souci de la cohérence logique suivant l'exemple du livre qui, par son statut de vecteur de savoir, contraint l'auteur à s'exprimer sur le mode guindé voire pédant, d'où le passage de la pensée aphoristique de la civilisation verbale à une pensée méthodique articulée, comme le livre s'articule en chapitres, sous-chapitres, paragraphes, etc... De cela découlerait un changement tout aussi profond de l'expression graphique. A la cohérence logique répondrait une recherche de la cohérence perceptive, à l'unicité du point de vue, la perspective à point central, à la pensée méthodique, la recherche d'une formalisation de l'expression graphique...

Aussi séduisante que soit cette thèse, surtout quand on considère ses prolongements jusqu'à la période actuelle, aussi recevables que soient certains arguments tirés des nombreuses citations sur lesquelles s'appuie Mc LUHAN, nous sommes obligé de dire que la confrontation des faits et des dates lui retire toute force. Nous venons de voir, en effet, que la perspective à point de vue unique était " dans l'air ", qu'on en discutait dans les cénacles bien avant l'apparition du livre imprimé, et l'avènement de la culture livresque n'a guère influé sur le sens ou le rythme de l'évolution du dessin en général.

Enfin, et nous croyons l'avoir montré autant que le permettaient les documents retrouvés, des siècles avant que soit sortie des presses de MAYENCE la Bible latine à 42 lignes, la transmission des renseignements techniques avait déjà suscité l'usage d'un mode de communication graphique descriptif étroitement lié à l'état du système de production et à l'évolution technologique (système clos par le secret à l'époque que nous considérons, comme il le sera par la suite par le mépris et l'indifférence), sur lequel les influences extérieures comme celles auxquelles se réfère Mc LUHAN n'ont eu que peu de prise.

Le vrai problème est de faire le partage entre l'image figurative et le graphisme technique. Pour reprendre, brièvement, les dessins en perspective antérieurs à l'imprimerie comme ceux de HERRAD Fig.76
von LANDSPERG, de Guy de VIGEVANO ou de KEYSER et d'autres, laissés Fig.81
sans commentaires lors de l'examen précédent, la question qu'il faut se poser est : ces dessins étaient-ils ou non destinés à servir d'intermédiaire entre la conception et la réalisation ? Rappelons d'abord qu'il ne s'agit pas de dessins naïfs ou mal faits, VILLARD de HONNECOURT qui dessine sa scie actionnée par un moulin à eau vue sous des Fig. 76
angles qui nous obligent à une sorte de torsion mentale, dessine tout à côté des personnages parfaits de proportion, aux gestes élégants et aux drapés harmonieux ; JOUSSE qui présente très finement et sans faute ses constructions graphiques à l'usage du charpentier n'hésite pas, sur le dessin d'ensemble d'un clocher, à gauchir la perspective pour montrer les assemblages transversaux. Un dessin aussi typique que celui de VIGEVANO est en fait un dessin d'attributs ou de propriétés caractéristiques avec expressions des relations topologiques entre les attributs. PIAGET, dans " La représentation de l'espace chez l'enfant " a montré comment une bobine pour un enfant de 6 - 7 ans était un cylindre avec deux surfaces circulaires en bout : " représentation topologique, visant l'objet en lui-même et exprimant le simple voisinage entre ses éléments " (1). HUI, 6ans 1mois, dessine un char vu de dessus avec ses quatre roues rabattues et un cheval vu de profil.
C'est très exactement le dessin de VIGEVANO, mais nous n'en conclurons Fig.77
pas que les dessins de VIGEVANO sont enfantins. Fig.81

Rien ne nous autorise en tout cas à penser que VIGEVANO rabattait " spontanément " les roues de son char

(1) PIAGET (J.) et INHELDER (B.) : La représentation de l'espace chez l'enfant, PARIS, P.U.F., 1948, chapitre X, pp. 320 à 351.

et qu'il ne savait pas qu'en regardant un boeuf de dessus on voyait son dos et non ses flancs et ses pattes. Il est indubitable qu'il s'agit d'une volonté délibérée de montrer un essentiel (nous ne disons pas l'essentiel), constitué par un certain nombre de propriétés caractéristiques, formelles, dimensionnelles ou relationnelles choisies parmi d'autres, rassemblées sur un même document et présentées de la façon la plus efficace dans les conditions de communication du moment.

Ce que nous devons nous demander dans le cadre de cette étude c'est : ce graphisme était-il nécessaire et suffisant pour exécuter le char de combat imaginé par Guy de VIGEVANO ou la scie à recéper de VILLARD de HONNECOURT ? Oui, répondrons-nous dans ces cas précis, pour deux raisons, la première c'est qu'avec ces documents un bon charron, en utilisant les renseignements des dessins et en y ajoutant beaucoup de son cru pouvait arriver à faire un char ou une scie assez semblable. La seconde, c'est que VIGEVANO, à l'encontre de certains autres "ingénieurs", a pris soin, jugeant peut-être que ses dessins risquaient d'être insuffisants dans certains cas, d'ajouter quelques dessins de détail pour la construction de certaines de ses machines de guerre. Mais d'autres dessins du même auteur sont des figures sans visées constructives. Il en va de même de tous les dessins des "théâtres de machines". Jusqu'au milieu du XVIe siècle, les assemblages cinématiques étaient ceux des machines simples bien connues et ne nécessitaient pas des représentations très détaillées. On dessinait les machines comme des maisons et l'artisan pouvait construire, mais des dessins de machines un tant soit peu plus complexes, même correctement mis en perspective comme ceux des machines de RAMELLI ne peuvent déjà plus recevoir une réponse positive à la question de savoir s'il s'agit de dessins techniques. La construction de ces machines dans les conditions normales de l'époque demandait un complément d'informations sous forme de commentaires verbaux ou écrits, de détails séparant les parties charpentées des parties ferronnées ou de dessins géométraux plus explicites en transférant les méthodes de représentation non déformantes, employées de longue date dans le bâtiment.

Ceci s'est fait progressivement, comme nous l'avons vu précédemment pour le trait. Il existe une filiation entre les dessins des architectes constructeurs de cathédrales, les dessins en élévation Fig.117
profil et plan de MAROT, le dessin d'un mortier d'artillerie (qui est Fig.118
tout autant une "machine" qu'une construction charpentée), le dessin Fig.119
d'un affût de canon et les dessins de LEUPOLD ou de certaines planches de l'Encyclopédie. Quant à la géométrie descriptive, elle permettra de superposer conceptuellement la représentation et l'épure jusqu'alors séparées.

Comme les navigateurs ont su tracer et lire des cartes marines, les astronomes établir des sphères célestes en plan et en volume, les peintres tenir compte des altérations que la vision ou l'intellect fait subir à la réalité ; un peuple de technologues aurait affiné l'art et les moyens de discourir sur la technique, un peuple de commerçants aurait poussé à l'extrême le métré, les devis et les nomenclatures (1), un peuple de sculpteurs asservi à la reproduction de modèles aurait été conduit à affiner la stéréographie.

Les constructeurs, parce qu'ils avaient besoin en priorité de renseignements sur les formes visibles, leur tracé, leur agencement, ont suscité la création de systèmes de présentation ou de représentation figurative valorisant les propriétés caractéristiques formelles et dimensionnelles (2). Derrière l'écran des figures illustratives on découvre toutes sortes de variantes graphiques répondant au besoin des véritables artisans de la réalisation, c'est-à-dire des travailleurs. C'est en se référant à la notion de renseignements nécessaires et suffisants à un utilisateur avec son statut et ses capacités, avec ses moyens de production, dans un système économique et social donné, que doivent se justifier l'usage et l'évolution d'une médiation présentant en priorité telles ou telles propriétés caractéristiques de l'objet à construire ou de l'action à accomplir.

Quand il a fallu faire des constructions géométriques, on a tracé des perpendiculaires, fait des divisions proportionnelles, trouvé et reporté des angles, même si l'on n'avait ni té, ni compas, ni équerre. Quand il a fallu rechercher des vraies grandeurs, on a fait des épures, même si l'on n'en avait pas la justification. Quand il a fallu représenter exactement des formes dans plusieurs directions, on a multiplié les vues " géométrales ", même si on n'avait pas de théorie pour relier l'élévation au plan et au profil et même si l'élévation n'était pas cette sorte de perspective avec point de vue à l'infini que le didactisme a inventée, mais ce que voyait physiquement le maître-maçon en " montant au droit " du bâtiment. Quand il a fallu donner les dimensions des formes et que l'on ne disposait pas d'un système de mesure cohérent, on a pris une valeur de base arbitraire et circonstancielle. Quand il a fallu communiquer des renseignements

---

(1) Si les propriétés caractéristiques sont uniquement dimensionnelles, " elles peuvent être exprimées sans dessin, en les écrivant et en les chiffrant " (MONTABERT, 1832). VINTRAS et BANSE (op. cité) donnent plusieurs exemples de marchés pour la construction de navires. Dans le marché passé entre " Nicollas et Michel ditz le Malle père et filz, charpentiers de navire pour Guillaume POLLET bourgeois de ROUEN " (27 mai 1549), tous les bois sont nommés et les dimensions sont spécifiées par écrit ; mais ce n'était pas à partir de ce document que l'on construisait.

(2) La " désignative " et la " figurative " de PELERIN, op. cité, 1505.

sur les dimensions relatives, on a établi des barèmes, des " échelles ", des tableaux de valeurs proportionnelles, même si on n'avait pas de modèle mathématique général. Quand la circulation des hommes a été insuffisante pour permettre d'ajouter aux renseignements graphiques des renseignements oraux, quand on a dû reproduire exactement et à distance des machines complexes et composites, il a fallu adapter, une fois de plus, le support aux renseignements à transmettre. Fig. 117à127

9 - TRANSITION : LA MACHINE A VAPEUR, SYMBOLE ET REALITES

Il serait vain de vouloir dater avec précision le démarrage de ce qui est communément appelé " première révolution industrielle " (1) ou encore " période d'expansion du machinisme " (2) et que MUMFORD a décrit, en y apportant une coloration humaine et sociale, sous le titre de " phase paléotechnique " (3). La datation est d'autant plus difficile que le mouvement s'est développé en Angleterre bien avant qu'il gagne le continent et dans des conditions économiques, sociales et intellectuelles très différentes.

L'Angleterre, au début du XVIIIe siècle, est un pays à agriculture déficiente, par contre, elle dispose de ressources minières considérables, connues et exploitées. DARBY, en 1709, met au point un procédé de transformation de la houille en coke qui doit permettre d'obtenir de la fonte en grande quantité ; dix ans plus tard, les hauts fourneaux au coke de 50 et 60 pieds ont remplacé les anciens hauts fourneaux au charbon de bois de 12 à 18 pieds. Or, en France, la première coulée de fonte au coke n'aura lieu au Creusot qu'en 1782 avec l'aide d'un ingénieur anglais, W. WILKINSON, venu en France en 1777, pour créer une fonderie de canons à Indret près de Nantes. On en restera là pendant près de 50 ans.

Alors que la population française, essentiellement rurale, est numériquement stable, entre 1701 et 1821 le chiffre de la population anglaise va doubler, passant de 7 à plus de 14 millions (4). Ce potentiel humain et technologique et un climat social et intellectuel favorable à la libre entreprise, poussent les riches marchands londoniens à investir dans des industries dans la perspective du profit maximal (5).

---

(1) DUNHAM (A.L.) : La révolution industrielle en France, PARIS, RIVIERE, 1953.

(2) COLLECTIF : Histoire générale des techniques, tome III, L'expansion du machinisme, op. cité.

(3) MUMFORD (L.) : Technique et civilisation, op. cité.

(4) ASTHON (T.S.) : La révolution industrielle 1760-1830, PARIS, PLON, 1955.

(5) MARX (K.) : Extraits du capital, PARIS, P.U.F., 1968.

En France, jusqu'à la fin de l'Ancien Régime, les conditions politiques, administratives et sociales sont loin d'être comparables. La vie économique est beaucoup plus étriquée et réglementée. " Les corporations jalousement conservatrices maintiennent les entreprises dans les limites de l'artisanat. Règlements et taxes empêchent le libre échange, la libre concurrence. L'Etat intervient constamment de façon directe ou de façon indirecte surtout pour favoriser le progrès qualitatif " (1). COLBERT, en créant les manufactures, vise surtout à promouvoir des industries de qualité, voire de luxe. L'opposition entre la recherche de la production de masse et tout ce que cela entraîne en Angleterre et l'état de l'industrie française aux environs de 1750, que présente fidèlement l'Encyclopédie, est frappante. Alors que les machines à feu de NEWCOMEN sont en voie d'être dépassées techniquement en Angleterre, l'Encyclopédie présente, en fait de force motrice, l'eau et le vent. Ce qui concerne l'industrie lourde, dont font partie les industries extractives et la métallurgie, est classé sous le titre " Histoire Naturelle ", comme dans AGRICOLA. Les métiers sont décrits en fonction des structures corporatives existantes. La part faite aux activités " frivoles " : fabrication des galons, passementerie, chapeaux, construction des carrosses, est primordiale. Le métier à bas, qui est d'après DIDEROT le summum de la mécanisation, est connu depuis le XVIe siècle. Les métiers à navette volante qui fonctionnent en Angleterre depuis 1733 ont bien été introduits chez nous en 1747 par John KAY, mais ils n'ont eu aucun succès.

Dans la phraséologie pompeuse des révolutionnaires de 1789 (2) on cherche en vain une référence concrète au monde industriel ou une idée " prospective " dans ce domaine. Leurs vues généreuses s'expriment dans d'innombrables plans et projets (CONDORCET, CHENIER, LANTHENAS) et dans quelques réalisations concernant l'enseignement technique (3), mais ces plans sont le reflet d'une idéologie et non la conséquence d'une réflexion sur l'état de l'industrie et sa possible évolution. On en reste aux généralités optimistes des Encyclopédistes sur le machinisme " qui permettra d'obtenir plus d'ouvrage en économisant les forces de l'homme et le nombre des individus et donnera aux ouvrages plus de perfection sans supposer aux ouvriers

---

(1) PONS (A.) : Préface à l'édition fac-similée de l'Encyclopédie, op. cité.

(2) FOURIER, MARAT, ROBESPIERRE, SAINT-JUSTE : Les classiques du peuple, PARIS, Ed. SOCIALES, 1956-1960.

(3) LÉON (A.) : La Révolution française et l'éducation technique, PARIS, S.E.R., Bibl. d'Hist. Révolutionnaire, 3e série , n° 8, 1968.

plus d'habileté... L'industrie est un des moyens les plus efficaces pour tuer le libertinage et tous les vices, enfants de la paresse " (1). Les fabrications patriotiques de l'An II provoquent bien, en peu partout, l'improvisation de fonderies et d'ateliers de fabrication (2) ; les ateliers de Chaillot des frères PÉRIER, comme d'autres, se convertissent à l'armement, mais cette fièvre militaire ne dure qu'un temps (3) et ce n'est pas dans de telles circonstances, relatées en détail par PAYEN (4), que des progrès décisifs peuvent s'accomplir.

La période napoléonienne n'est pas plus favorable à l'industrie civile. L'Etat paie mal, le commerce extérieur est exsangue et la demande intérieure faible. A cela vient s'ajouter l'effet du blocus continental (à l'exception du court répit dû à la paix d'Amiens) qui prive de contacts deux formes de société et deux formes d'esprit qui auraient pu se compléter utilement. Malgré les efforts de la Société d'encouragement à l'Industrie nationale, fondée en 1801, et l'accroissement quantitatif des productions dans quelques secteurs prioritaires et privilégiés comme l'armement, pendant vingt-cinq ans, ni les équipements ni les fabrications n'évolueront beaucoup. En 1810, dans un bref et virulent mémoire sur " les machines à vapeur ", PERIER dénonce la fausse orientation donnée à l'industrie française sous le règne de NAPOLEON et la défaveur dans laquelle sont tenus les secteurs de la métallurgie et de la mécanique ; " il se trouve entraîné à faire entre la France et l'Angleterre un parallèle qui, comme on s'en doute, tourne à l'avantage de cette dernière " (5).

Bref, tandis que sur le continent on se battait encore à l'arme blanche dans des face-à-face grandioses et sanglants qui n'étaient que des extrapolations de la Guerre des Gaules, l'Angleterre manufacturière préparait sans le savoir, dans la sombre activité de ses villes industrielles, des armes pour un combat autrement significatif : l'invasion économique de l'Europe et sa colonisation par la technologie comme cela avait déjà réussi en Asie, où la Compagnie des Indes (1763) s'était assurée le monopole de la fourniture des biens de première nécessité (casseroles, tissus, etc...). L'opération ne fut

---

(1) LÉON (A.) : La Révolution..., op. cité, p. 172. Citation extraite du rapport GREGOIRE sur l'établissement d'un Conservatoire des Arts et Métiers.

(2) Dans sa " Description de l'art de fabriquer les canons " (1794) MONGE donne une sorte de plan-type pour la transformation d'une église en fonderie.

(3) C'est au cours de cet épisode que MONGE fut chargé de créer un " cours révolutionnaire des techniques de l'armement " et qu'il publia sa " Description de l'art de fabriquer des canons ".

(4) PAYEN (J.) : Capital et machine à vapeur au XVIIIe siècle, PARIS, MOUTON, 1969.

(5) PAYEN (J.) : Capital..., op. cité, p. 175.

pas loin de réussir. A la fin des guerres napoléoniennes, l'Angleterre dispose de 1000 à 1500 machines à vapeur représentant 20 000 chevaux installés. La France n'a à lui opposer que 200 machines au plus, et encore sont-ce des copies du modèle que WATT construisait trente ans auparavant. Même fossé technologique pour la machine-outil dont les progrès vont de pair avec ceux de la machine à vapeur (1). Entre 1770 et 1820, les machines opérationnelles (2), (3), celles que l'on vend et non celles que l'on montre comme des curiosités dans des expositions, sont uniquement anglaises. Les noms de WILKINSON, MAUDSLEY, ROBERTS, WHITWORTH, CLEMENTS, BODMER, sont synonymes de qualité et d'avance technologique comme le seront, cinquante ans plus tard, ceux des constructeurs américains BROWN, FELLOW ou LANDIS.

A la paix, en 1815, on découvre avec étonnement que la véritable révolution n'était pas celle que l'on croyait mais la " révolution industrielle ", même si le terme est impropre pour qualifier un processus continu.

Dès la fin des hostilités on assiste à un chassé-croisé entre l'Angleterre et le continent. De nombreux ingénieurs anglais viennent s'installer en France, ils y apportent savoir, brevets et parfois le matériel qui faisait défaut dans les entreprises qui avaient marqué le pas pendant un quart de siècle. L'exemple d'EDWARD est caractéristique ; ancien associé de WOOLF, il vient en France dès 1815 apportant avec lui les brevets que WOOLF venait de prendre pour un dispositif à double expansion, nettement plus économique que celui de WATT. Il est naturalisé français en 1817, et en 1818 il reprend les ateliers de PERIER où il fera des machines à vapeur puis des locomotives.

F.N. MELLET, cité par PAYEN, caractérise fort bien la situation. " La France, restée en arrière de ce grand mouvement industriel parce que ses voeux et ses besoins étaient tournés vers une

---

(1) Ceci n'est pas sans relation avec le manque de cadres. On prête à NAPOLEON des réflexions contradictoires et controversées sur la nécessité de former " de bons ouvriers et des chefs d'atelier " (arrêté du 6 ventose An XI, 25 février 1803), mais dans son esprit il s'agissait surtout de former des " sous-officiers " pour les industries de l'armement, en nombre limité : " Le nombre des techniciens formés à cette époque ne représentait que la millième partie du nombre que la France aurait dû former dans le même laps de temps " (AUDIGANE).

(2) STEEDS (W.) : A history of machine tools 1700 - 1910, OXFORD, CLARENDON, 1969.

(3) WOODBURY (R.S.) : History of the lathe to 1850, CLEVELAND, Society for the history of technology, 1961.

révolution sociale devenue indispensable, la France ne connut les progrès de son emule qu'à l'époque du rétablissement des communications européennes trop longtemps interrompues. A partir de 1815, des entreprises se formèrent pour appliquer la vapeur à la navigation, aux travaux métallurgiques, aux manufactures ; des ateliers de construction s'élevèrent à Paris, à Lyon, à Nantes, à Bordeaux et dans les plus importantes de nos villes industrieuses ".

Les voyages d'étude en Angleterre sont à la mode (1) (2) les industriels en rapportent des techniques nouvelles comme le puddlage, connu Outre-Manche depuis 1784 et mis en pratique en Lorraine en 1819. J.B. SAY, après plusieurs séjours en Angleterre, donne une impulsion décisive à l'industrie cotonnière en Normandie, aidé en cela par des constructeurs anglais comme HALKER et M'LNE. Enfin, quand vingt ans après l'Angleterre la France établit son réseau ferré, elle a recours au matériel anglais. En 1842, plus de la moitié de nos locomotives sont de construction anglaise et nos infrastructures sont encore marquées par cette origine (roulement à gauche).

En " Allemagne " (plus exactement en Prusse), où l'on n'eut pas à attendre la paix pour renouer les contacts avec l'Angleterre, l'introduction de technologies nouvelles se fit avec plus de célérité qu'en France. Il est vrai que le contexte général s'y prêtait mieux. En 1800, plusieurs machines inspirées de WATT, mais de construction allemande, fonctionnaient dans les mines de Silésie (3). L'ingénieur Georg von REICHENBACH (1772-1826), séjournant en Angleterre de 1791 à 1793, eut l'occasion de travailler avec WATT et rapporta des carnets de croquis très précis qui l'aidèrent à réaliser des machines à haute pression (1815) qui ne marquaient pas de retard sensible sur les réalisations anglaises. Fig.137a Fig.137b

En prenant connaissance du courant d'échange qui s'était amorcé avec l'Angleterre à la fin de l'ancien régime et qui reprit avec vigueur après 1815, on peut se demander comment se sont faits

---

(1) En 1819, MARTIN, HACHETTE, CECILE (et DUPIN), font une tournée en Angleterre pour faire le point sur les machines à vapeur, Hist. générale des techniques, tome III, p. 74.

(2) DUPIN (Ch.) : Voyages dans la Grande-Bretagne, 5 volumes, cf. troisième partie : Force commerciale ; travaux publics des Ponts et Chaussées ; ports de commerce, PARIS, BACHELIER, 2 vol., 1824.

Sixième discours : Considérations sur les avantages de l'industrie et des machines en France et en Angleterre, PARIS, BACHELIER, 1821.

(3) ARNOLD (G.) : Bilder aus der Geschichte der Kraftmaschinen, op. cité.

ces échanges et quelle place le dessin technique a prise dans la communication des informations. Nous retiendrons deux exemples caractéristiques relatifs à l'introduction de la machine à vapeur en France autour des années 1780.

Le premier, que nous relaterons brièvement, a fait l'objet d'une étude approfondie de PAYEN (1). Augustin de BETANCOURT était un Espagnol d'ascendance française qui semble avoir eu une bonne formation d'ingénieur mécanicien. Se trouvant à LONDRES en 1788, il s'intéressa aux machines de WATT, mais celui-ci, méfiant, ne lui donna que de vagues indications sur ses derniers perfectionnements. BETANCOURT ne se tint pas pour battu et, apprenant qu'une machine terminée était en place aux Moulins d'Albion, il obtint l'autorisation de visiter. Il observa attentivement la machine avec ses particularités saisissantes pour qui était un peu au fait des machines à feu. BETANCOURT repartit pour la France le lendemain de sa visite aux Moulins d'Albion, " rassembla ses souvenirs, fit une quantité de croquis et réussit à composer une machine à double effet. Il entreprit immédiatement d'en réaliser un modèle qui réussit au-delà de ses espérances " (PAYEN).

Il manquait à sa machine le régulateur à boule qu'il n'avait pas remarqué et qui ne fut connu en France que beaucoup plus tard. BETANCOURT fit une communication à l'Académie des sciences l'année suivante (1789). Le mémoire (2), contenant un certain nombre de considérations théoriques sur le parallélogramme de WATT et sur la double distribution, était accompagné de planches dans le style de l'Encyclopédie destinées à éclairer le texte. On est ici devant un cas, non unique à cette époque, d'espionnage industriel. En laissant de côté cet aspect de l'affaire, on peut retenir le rôle joué par le dessin comme mémoire et aide à la conception. A partir du texte de BETANCOURT, de ses explications orales et de ses planches, PERIER put, avec les conseils de PRONY, construire plusieurs machines plus évoluées que celles qu'il avait montées à Chaillot en 1780, en suivant les plans fournis par WATT. L'histoire des deux machines de 1780 (antérieures donc à celle copiée par BETANCOURT) nous semble être la première manifestation avérée d'une construction à distance par le

Fig.130

(1) PAYEN (J.) : BETANCOURT et l'introduction en France de la machine à vapeur à double effet (1789), Revue d'Histoire des Sciences, tome XX, 1967.

(2) Archives de l'Académie des Sciences, dossier de la séance du 16 décembre 1789.

truchement du dessin (1).

Des deux frères PÉRIER, l'aîné Jacques-Constantin est le plus connu ; son frère Auguste-Charles, dont on sait peu de choses, semble avoir vécu dans l'ombre de l'aîné. Ils sont représentatifs d'une nouvelle catégorie sociale : ni ingénieurs, ni architectes, n'ayant aucun titre professionnel particulier ; ils sont industriels, brasseurs d'affaires, ayant des relations et tout juste ce qu'il faut de manque de scrupules pour " arriver ". PÉRIER (pour employer un terme générique commun aux deux frères) se manifeste d'abord dans une affaire assez obscure de navigation par bateau à roues mues par une pompe à feu. Puis il projette d'alimenter Paris en eau par l'intermédiaire de pompes à feu comme l'est déjà Londres. Les premières démarches de PERIER datent de 1775. Le privilège lui est accordé en 1777, et la Compagnie des Eaux est fondée en 1778. Entre temps, à peu près assuré d'avoir l'affaire, PÉRIER est allé en Angleterre où il a pris des contacts pour les fournitures nécessaires à son entreprise. Il y retourne en 1777 et se rend chez WILKINSON, fondeur et usineur, qui avait fait breveter, en 1774, une nouvelle machine à aléser sur laquelle il exécutait les cylindres dont WATT avait besoin. PÉRIER avait l'intention d'acheter une ou deux machines à feu ordinaires, de type NEWCOMEN, mais voyant celles de WATT, peut-être en construction, il flaire tout de suite une bonne piste et demande à WILKINSON de lui fournir une machine sans en parler à WATT et à son associé BOULTON. WILKINSON avec beaucoup d'honnêteté se récuse et prévient WATT. PÉRIER est bien obligé de passer par les voies d'une transaction régulière, d'autant plus qu'il ne pouvait rien faire sans l'aide de WILKINSON, le seul capable à l'époque d'exécuter des alésages corrects.

Après d'âpres tractations, un accord relativement favorable à la Compagnie des Eaux représentée par PÉRIER est signé entre BOULTON et WATT et Jacques-Constantin PÉRIER le 12 février 1779. Il comprend 14 articles. L'article 11 stipule que BOULTON et WATT s'engagent à fournir tous les plans, sections et dessins nécessaires aux maçons, charpentiers, fondeurs et forgerons qui auront à préparer les différentes parties de la machine, à faire fabriquer les parties qui ne peuvent être faites qu'en Angleterre et à fournir à PÉRIER tous

---

(1) Le reste est supposition, comme les métiers à bas de la région de Troyes qui furent peut-être construits d'après des plans étrangers vers 1750 (Hist. générale des techniques, op. cité, tome II, p.243). Fig.71

les renseignements dont celui-ci aura besoin pour le montage (1).

Le 10 mars 1779, de retour à Paris, PÉRIER écrit à BOULTON et WATT : " Notre sieur PÉRIER l'aîné de retour d'Angleterre depuis quelque temps nous a communiqué les arrangements que vous avez pris avec lui pour la construction des machines à feu de votre invention ; nous avons pleinement approuvé les opérations et les conventions faites entre vous, soit pour les pièces qui doivent être fabriquées en Angleterre, soit pour celles qui seront exécutées dans nos ateliers. En conséquence nous vous prions de tenir la main aux premières dont nous aurons besoin du moment que nos constructions en maçonnerie et charpente seront en état de les recevoir, ce qui ne tardera pas. Nous pressons vivement nos ouvriers, et la belle saison nous aidera à avancer le travail. A l'égard des pièces que nous faisons fabriquer, les dessins étant faits avec soin il ne sera pas difficile ni long de les exécuter. La chaîne est déjà avancée... " . Il ajoute en post-scriptum : " P.S. Nous attendons avec la plus grande impatience les dessins que vous vous êtes engagés de nous envoyer... " .

Le 28 mars 1779, PÉRIER se fait pressant au sujet des dessins : " Nous attendons toujours avec la plus grande impatience les desseins (sic) que vous devez nous envoyer. Nos travaux avancent et nous nous trouvons arrêtés sur la fin de la machine si nous ne recevons promptement les détails des balanciers. Les chaînes sont forgées. Je fais faire les tiges des pistons dans une grosse forge à ancres. A l'égard des bâtiments ils vont leur train et sous trois mois les réservoirs et les bâtiments des machines seront finis ". Le 2 mai 1779 PÉRIER écrit en anglais à BOULTON et WATT : " ... We are much obliged to you for the drawings you have sent us n° 1 to 8 and we shall be very glad to receive the others you promise us as soon as they can be got ready ". Le 24 juin 1779 nouvel appel : "... Nous vous prions

(1) Accord du 12 février 1779 ; article 11 - James WATT and Matthew BOULTON or one of them shall furnish to the said James Constantine PERIER all necessary plans, sections and drawings for the masons, the carpenters, the founders and the smiths that shall be employed in preparing the several parts of the said intended machines or engines, and to direct the execution of such parts of the said machines or engines as shall be required to be executed in England, and to communicate in writing for the said James Constantine PERIER such further informations and directions as may by be required for erecting and fixing together all the parts of the said engines and for using and working the same.

de ne pas oublier les autres dessins que vous avez à nous envoyer, nous les attendons avec impatience. Le bâtiment pour les machines avance et il nous tarde de voir arriver " La Marie " (1) avec les pièces de la machine pour les placer ".

Le 9 septembre 1779 (avec l'orthographe d'origine) : " Nous avons reçu les lettres dont vous nous avés honoré jusqu'à la datte du 1er 7bre et en même tens tous les dessins et instructions qu'elles contenoient pour notre machine à feu ". Suit un long silence de près de deux ans. Correspondance perdue ou silence diplomatique de PERIER qui a quelque difficulté à satisfaire les clauses financières du contrat ? Peu importe : il tient la machine. PÉRIER à BOULTON et WATT, Paris, 24 mai 1781 : " Nous avons reçu la lettre dont vous nous avez honorés le 4 courant et pour y répondre nous vous annoncerons avec plaisir que nos machines sont sur le point d'être terminées ; nous comptons que l'une des deux marchera sous un mois ". Le 17 septembre 1781, la machine fonctionne : "... Quoique cette machine ait marché plusieurs fois depuis son premier essai, elle n'est point encore portée à son dernier degré de perfection puisqu'elle ne donne que six impulsions par minute et qu'elle doit aller jusqu'à dix. M. PERIER espère qu'elle arrivera à ce point dès qu'elle sera parfaitement terminée et qu'il aura ajusté certaines pièces avec plus de précision ".

Si nous n'avions que cette correspondance nous resterions sur des interrogations. Quel type d'usinage était capable de faire PÉRIER dans son atelier monté à la hâte avec un matérial rudimentaire, quel type d'ouvriers recruta-t-il et comment, pourquoi, après avoir signé un contrat pour une machine, en construisit-il deux, quelles sont les pièces qui furent faites en Angleterre et celles faites en France ? PÉRIER réussit-il à circonvenir WILKINSON puisque dans une correspondance il fait allusion à la livraison par celui-ci d'une troisième machine ? Mais heureusement la BIRMINGHAM Public Library conserve dans la BOULTON and WATT Collection les doubles de 29 des dessins tant réclamés par PÉRIER et qui servirent de guide pour la préparation des superstructures, la fabrication de certaines pièces et le montage de la première machine à vapeur à condenseur ayant fonctionné en France, et de toutes celles qui suivirent (2).

---

(1) " La Marie " est le navire qui doit transporter d'Angleterre en France les pièces usinées par WILKINSON. On est mal renseigné sur sa date d'arrivée à HONFLEUR.

(2) La BOULTON and WATT Collection nous a procuré les microfilms du portefeuille 1070, contenant 29 dessins et quatre pages de nomenclature sans autres repères que ceux d'origine.

La collection est composée de quatre dessins d'ensembles, ombrés au lavis, du type " figures " assez proche des dessins de machines à vapeur (BETANCOURT, C.N.A.M.) que l'on connaît par ailleurs. Vingt-cinq dessins de formats divers représentent des détails ou des sous-ensembles avec renseignements écrits et cotation. Comme nous nous y attendions, ces dessins ne sacrifient pas à l'esthétisme et sont des documents de travail qui se passent de commentaires. Nous avons choisi d'en faire figurer quatre dans l'Atlas. Le dessin de la figure 135 est particulièrement intéressant, la partie gauche est malheureusement floue. Certains dessins, très rapidement exécutés, ont été crayonnés en surimpression, sur le dessin de la figure 132 on a ajouté à main levée l'emplacement des ouvertures du bâtiment destiné à recevoir la machine. On peut aussi voir sur la figure 133 une recherche sur la meilleure orientation de la tuyauterie reliant la chaudière au cylindre. Fig.131 Fig.135 Fig.132 Fig.133 Fig.134

Trois dessins sont d'une facture très particulière : ils représentent une cloche à air et la tuyauterie y aboutissant, les légendes sont en français. Il est possible qu'il s'agisse de dessins ayant circulé dans le sens PÉRIER - WILKINSON. On sait que PÉRIER revendiquait la paternité d'un dispositif anti-coup de bélier. Ces dessins correspondraient alors à une demande d'usinage pour des pièces non prévues dans la conception anglaise (1).

En plus des 29 dessins, le portefeuille contient quatre pages de nomenclature avec traduction en français. Nous en concluons que le " portefeuille 1070 " ne contient qu'une partie des dessins de la machine, mais tel qu'il est, cet échantillonnage représente un moment important de l'histoire des techniques. Pour la première fois, les renseignements nécessaires et suffisants à la construction d'un ensemble technique ont circulé sans recours au contact direct. Il faut croire que ces renseignements étaient bien ceux qui étaient nécessaires et suffisants aux ouvriers que PERIER avait recrutés, car il n'y a pas trace de demande de renseignements complémentaires comme le contrat le permettait. La première machine fut assemblée sans difficulté et elle marcha (malgré les jeux ou grâce à eux). Le seul ennui, le jour de l'inauguration, proviendra du trouble de PERIER qui se trompera dans l'ouverture des robinets. La machine ayant atteint les dix coups par minute stipulés dans le contrat les tiendra bravement pendant soixante-dix ans... Fig.136

(1) A rapprocher du dessin 80 n° d'ordre 35 de la collection du C.N.A.M. (cf. chapitre suivant).

II - DU DEBUT DU XIXe SIECLE A NOS JOURS

1 - LA FONCTION CREE L'ORGANE : POINTS DE REPERE

Nous avons choisi la construction de la machine de WATT comme un exemple symbolique de ce que nous entendions par graphisme technique majeur. Nous avons vu que le dimensionnement inductif commençait à faire place, grâce à la mécanique théorique, à un dimensionnement déductif, ce qui sera confirmé par la suite. Nous savons d'autre part que tous les éléments d'une théorie de la représentation des formes sont réunis. A partir de quoi nous établirons par la suite un distinguo entre les théories implicites des dessinateurs pratiquants et les théories explicites - elles sont nombreuses - que le développement d'un enseignement du dessin à conduit à formaliser. Mais avant d'aborder les questions de l'enseignement du graphisme technique et de ses rapports avec l'industrie, nous allons disposer quelques points de repère tels qu'ils peuvent être fixés quand, en continuant la collecte des documents industriels, maintenant de plus en plus abondants malgré le peu de cas que l'on fait généralement de ces pièces (1), on essaie de voir quelles furent les adaptations du moyen de communication aux renseignements à transmettre au fil du temps et suivant le besoin.

A partir de 1815, l'industrie française, peut-être mieux armée que ses concurrents sur le plan de la réflexion scientifique, grâce à ses ingénieurs civils sortis des écoles, ~~des Arts et Métiers, des Ponts et Chaussées, des Mines, ainsi que~~ des services publics de l'Etat ou directement de l'Ecole Polytechnique, peut, en profitant de l'avance technique anglaise, s'assurer rapidement une bonne réputation dans la construction mécanique et particulièrement dans celle de la machine-outil. Nous avions pensé pouvoir obtenir une documentation significative des firmes de cette époque encore en activité, malheureusement la collecte s'avère très pauvre. La Compagnie SAINT-GOBAIN (fondée en 1665) conserve une série de des-

---

(1) Pour une discussion des problèmes de propriété posés par les dessins et modèles industriels, cf.:
FAUCHILLE (A.) : Traité des dessins et modèles industriels, commentaires de la loi du 18 mars 1806, PARIS, ROUSSEAU, 1882.

sins techniques aquarellés relatifs aux équipements d'un hall de coulage du verre, datés de 1800 et signés PARNOIS (1). On remarquera le Fig.122
souci qu'a eu l'exécutant d'être précis malgré l'absence de règle dans la disposition des vues : vues repérées (écriture rouge peu visible), dimensions nominales des pièces constitutives, nomenclature, etc... Les reproductions que nous en donnons sont à la grandeur originale. Si l'on compare les figures de l'Encyclopédie et les dessins des archives de la Compagnie SAINT-GOBAIN, on est amené à faire l'hypothèse que l'article " glaces " a été illustré grâce à des documents provenant de la Compagnie qui était alors l'un des rares exemples de grande entreprise industrielle civile (2). Cependant les dates ne concordent pas puisque les dessins de PARNOIS sont datés de 1800, mais la Compagnie SAINT-GOBAIN conserve des dessins de 1740 relatifs à l'installation des fours dont les rédacteurs de l'Encyclopédie ont eu indiscutablement connaissance. Nous pouvons penser que le dessin de la potence est post-daté et qu'il a été copié, comme les fours, Fig.123
pour les planches de l'Encyclopédie. La comparaison des deux potences met en relief la différence entre une figure illustrative et un dessin technique. Différence que nous avons déjà soulignée précédemment. Fig.124

Le Conservatoire National des Arts et Métiers détient une collection importante de dessins divers que nous avons examinée aussi méthodiquement que possible. La première source est le " portefeuille de VAUCANSON " qui renferme 2000 à 3000 dessins de 1790 environ. De cet ensemble disparate nous ne pouvons pas dire grand-chose sinon qu'il s'agit plus de figures que de dessins, une fois de plus le malentendu persiste. Il a conduit le conservateur qui a procédé à la classification à garder dans le portefeuille une représentation d'une pompe artistiquement aquarellée, tandis que le dessin coté de la même pompe est rejeté dans un dossier portant la mention " sans intérêt ". La seconde source est le fonds de dessins de machines exécutées entre 1800 et 1850 par les dessinateurs du Conservatoire. On sait que cette activité entrait dans les attributions de cette ins-

---

(1) Cahier n° 27, archives SAINT-GOBAIN.

(2) CATALOGUE : Les techniques au siècle de l'Encyclopédie, catalogue de l'Exposition du Musée du C.N.A.M., juin - décembre 1963, pp. 55 - 57.

titution (1). Les " dessinateurs du Conservatoire ", en plus de leur activité de fonction, enseignaient à la petite école de dessin du Conservatoire qui fut ouverte en 1799. Les noms les plus connus sont ceux de BEUVELOT et de son adjoint CECILE (2), puis plus tard de LE BLANC (ou LEBLANC), LEVASSEUR, CHRETIEN, LANDOWSKY, ARMENGAUD aîné... Fig.75
Ce sont du moins les noms que l'on retrouve le plus souvent en bas des planches. Nous estimons à 8000 ou 10 000 le nombre de planches dessinées détenues par le Conservatoire. Elles représentent des ensembles, machines agricoles, machines-outil, machines textiles, machines à vapeur, locomobiles, matériel de chemin de fer. De dimensions uniformes (80 × 60), exécutées sur papier dessin ou calque collé sur papier, ces dessins sont d'une facture variable suivant les signataires. LEBLANC dessine surtout des figures qu'on retrouve dans Fig.74
ses publications, il dispose de nombreuses lettres repères, mais ne cote pas ; LEVASSEUR produit des planches très colorées et cotées : les meilleurs dessins, du point de vue technique, sont ceux de CHRETIEN. Fins, précis, discrètement relevés de traits de force et de couleurs, ils sont cotés nominalement en mm avec beaucoup de soin, forme par forme. Quelques épures, recherche et cotation de points de construction en font d'intéressants exemples de ce qu'était le dessin technique vers 1840. D'une façon générale, on peut noter que les lavis préfigurent les couleurs qui deviendront conventionnelles pour les matériaux en coupe (bleu pour le fer, bistre pour le bronze, jaune pour le cuivre, etc...). Des ombres donnent du relief aux vues géométrales qui sont en correspondance, mais indifféremment disposées les unes par rapport aux autres. Quelques détails, également cotés, des coupes repérées par des lettres ou des chiffres, complètent les ensembles. Chaque dossier de machine comporte une dizaine de planches

---

(1) Décret du 19 vendémiaire, An III (10 octobre 1794) :
Article 1 - Il sera formé à Paris sous le nom de Conservatoire des Arts et Métiers et sous l'Inspection de la Commission d'Agriculture et des Arts un dépôt public de machines, modèles, dessins, descriptions et livres de tous les genres d'art et métiers, l'original des instruments, des machines inventées et perfectionnées sera déposé au Conservatoire.
Article 2 - On y expliquera la construction et l'emploi des outils et machines utiles aux Arts et Métiers.

(2) CECILE avait été employé chez les frères PERIER probablement comme dessinateur, il entra au Conservatoire comme dessinateur auxiliaire et, à partir de 1806, enseigna aux côtés de BEUVELOT à la petite école du Conservatoire, puis il participa à l'expédition d'Egypte. Après 1815, CECILE sera l'un des créateurs de l' [redacted] industrie mécanique française et le directeur de la nouvelle machine de Marly.

en moyenne et assez souvent une notice technologique (parfois datée alors que les dessins ne le sont pas). La rédaction de ces notices mériterait une étude particulière, de descriptive au début, elles évoluent vers la note de calcul (cf. par exemple, les notes signées ARMENGAUD).

En faisant la part du superflu qu'entraînait le fait que ces planches étaient destinées à constituer une collection, on peut admettre que les dessins qui sortaient des bureaux des usines de l'époque devaient avoir un contenu informatif assez semblable. Cela est confirmé par la présence inopinée dans les dossiers de quelques-uns des dessins originaux qui ont permis aux dessinateurs du Conservatoire de faire leurs planches. [Nous avons retenu les dessins d'une machine textile d'origine anglaise datée de 1784 (1) et des croquis et relevés divers probablement antérieurs à 1800]. Vers 1850 apparaissent des reproductions au ferro-prussiate (la première reproduction de ce genre date de 1849) et les reproductions "autographes". S'il s'agit de savoir qui dessinait dans l'industrie, plusieurs situations sont à considérer. Dans le cas d'une création originale, le concepteur pouvait être aussi l'exécutant. JACQUARD a revendiqué le titre de dessinateur-mécanicien et celui d'ingénieur-dessinateur était officiel en 1800 dans les arsenaux de la Marine (2). DUPUY de LÔME, ingénieur de la Marine (1816-1885) qui a signé plusieurs des plans que nous examinerons par la suite, les dessinait lui-même, chez lui. Il a ainsi étudié et dessiné le premier navire tout acier et fait les plans d'un vaisseau à hélice avec machine à vapeur de 900 ch. Il faut dire que les calculs préalables restaient assez sommaires surtout quand il s'agissait comme pour la mécanique d'un domaine relativement nouveau, pauvre en modèles théoriques. Le "manuel de l'ingénieur-mécanicien-constructeur de machines à vapeur", publié à PHILADELPHIE en 1805 (3) par EVANS, contient quelques formules simples, propres à sa machine à haute pression. Il est surtout riche de supputations sur la rentabilité commerciale de telles machines. LEBLANC, le fils du chimiste, élève

Dessins non reproduits (Cf. note en tête de l'Atlas).

---

(1) Le dossier 10-2-2585 sur une machine à vapeur à balancier contient des originaux qui pourraient être de WATT. Le dessin 80 n° d'ordre 35 est un dessin de chez PERIER frères (non daté) comportant cotes en pouces et indications sur des modifications à faire pour une machine non déterminée.

(2) ROCHON qui dessina la plupart des machines-outils en usage dans les arsenaux de la Marine, au début du XIXe siècle, était "ingénieur-dessinateur de la Marine".

(3) EVANS (O.) : Manuel de l'ingénieur-mécanicien constructeur de machines à vapeur, traduction française de DOOLITTLE, PARIS, BACHELIER, 1821. EVANS avait publié, en 1795, un guide ou manuel des constructions de moulins.

de la première heure de la petite école de dessin du Conservatoire, puis professeur dans cette même école, fut un ardent propagateur du dessin et même, peut-on dire, de la construction mécanique. Dans un ouvrage posthume (LEBLANC mourut prématurément vers 1840), publié par les soins de sa veuve sur les instances de ses amis (1), LEBLANC introduit quelques considérations sur la résistance des matériaux et sur les dimensions que l'expérience conduit à donner à certaines pièces (boulons, vis, rivets, clavettes) ou parties de machines. Le tableau des dimensions d'un tourillon, extrait du "mécanicien-constructeur", est caractéristique d'une approche toute inductive de la construction sans théorie préétablie. Malgré son titre, la "théorie de la mécanique usuelle" de BORGNIS (2) participe du même esprit. Le chapitre deuxième, consacré à la résistance des matériaux, commence ainsi : "MARIOTTE, PARENT, VARINGTON (?), les deux DUHAMEL, BUFFON, LAMBLARDIE, COULOMB, GIRARD, PERRONNET, RONDELET, AUBRI, LAMANDE, DUPIN, NAVIER ont fait des expériences pour déterminer la résistance des matériaux, voici les principaux résultats qu'on déduit de ces expériences. Résistance horizontale : la résistance horizontale est en raison inverse de la distance d'appui et en raison directe de la largeur et du carré de l'épaisseur verticale (si c'est un parallélépipède) ou bien du cube du diamètre si c'est un cylindre", etc... Ce type de présentation est très remarquable, car on assiste au passage du tableau de valeurs issues d'une expérience non systématique à l'expression verbale d'une formule induite (3) (et non pas déduite comme l'écrit BORGNIS) d'expériences multiples dont les auteurs portent caution. Fig.51

Les études dynamiques sont encore très peu développées. Dans les premières machines à vapeur, le problème du frottement et, par conséquent, de la lubrification est négligé, il est vrai que les mouvements relatifs sont lents et les jeux si importants qu'ils mettent en échec tout essai de généralisation. Mais la technique progressant, la nécessité de mieux maîtriser les phénomènes dynamiques devient im-

---

(1) LEBLANC (Vve) : Le mécanicien-constructeur, ou Atlas et description des organes de machines, PARIS, MATHIAS, 1845.

(2) BORGNIS (J.A.) : Théorie de la mécanique usuelle, op. cité, 1821.

(3) qui n'est autre que celle de la contrainte normale $n = \frac{Mf}{\left(\frac{I}{v}\right)}$

pérative (1). C'est au général MORIN que l'on attribue la première étude systématique du frottement, suivie en 1833-1835, par la publication des trois volumes de ses "nouvelles expériences sur le frottement".

MORIN publie en 1838 un aide-mémoire de mécanique pratique (2) "excellent outil de travail pour les dessinateurs de construction mécanique", mais surtout, à partir de 1839, il enseigne la mécanique appliquée au Conservatoire (3) dont il deviendra Directeur par la suite. Le plan de son cours de résistance des matériaux est le

---

(1) DUPIN (Ch.) : Géométrie et méchanique des Arts et Métiers et des Beaux-Arts, Cours normal professé au Conservatoire royal des Arts et Métiers à l'usage des Artistes et des Ouvriers, des Sous-Chefs et des Chefs d'ateliers et de manufactures. PARIS, BACHELIER, 3 tomes, 1826. Le tome troisième (516 p., 15 planches) est consacré à la "dynamie" et comporte 15 leçons :

I - Enumération des formes industrielles, forces de l'homme ; direction qu'elle doit au sens de la vue.

II - Du sens de l'ouïe considéré comme instrument de mesure et de la direction qu'il sert à donner aux forces de l'homme.

III - Forces physiques de l'homme.

IV - De l'accroissement et de la meilleure application des forces de l'homme.

V - Forces des animaux.

VI - Force de la pesanteur.

VII - Equilibre des corps flottants.

VIII - Force motrice des eaux.

IX - Des roues hydrauliques.

X - Equilibre des fluides aériformes.

XI - De la force du vent.

XII - De la chaleur.

XIII, XIV, XV - Machines à vapeur.

Le chapitre III montre assez clairement le cheminement de la pensée inductive. DUPIN prend un grand nombre d'exemples : soldats, terrassiers, marcheurs, colporteurs et, pour comparer le travail qu'ils font, il ramène le "labeur" au kilogramme par mètre ou au kilogramme par kilomètre. Cette deuxième unité semble avoir la faveur de DUPIN, mais la seule conclusion qu'il en tire est qu'il faut être bienveillant envers les ouvriers comme il dira au chapitre II qu'il faut être bon pour les animaux. Au chapitre XV, DUPIN introduit l'unité de force motrice appelée Dyname "unité de force motrice représentant 1 000 mètres cubes d'eau distillée, réduite à sa plus grande densité ou 1 000 tonneaux de marine élevés à un mètre de hauteur, durant un jour astronomique", soit environ 10 kgm/s.

(2) MORIN (A.) : Aide-mémoire de mécanique pratique, PARIS, HACHETTE, 1838.

(3) MORIN (A.) : Leçons de mécanique pratique, 5 tomes, PARIS, HACHETTE, 1846-1853, tome IV : Résistance des matériaux.

suivant : après avoir renvoyé aux travaux de PONCELET pour la théorie (1), il aborde trois grands titres : extension, flexion, torsion. Les sollicitations composées ne sont pas traitées. La méthode d'exposé est la même pour chaque sujet ; après avoir rappelé les expériences pratiques d'un certain nombre de ses contemporains "habiles ingénieurs" (la référence la plus ancienne semble se rapporter à HOOKE pour la proportionnalité des déformations aux efforts), MORIN en tire une "loi expérimentale" qu'il contrôle en l'appliquant à des constructions connues. Par exemple, pour l'extension (pp. 5 à 60) MORIN expose et discute les résultats des expériences de MM. BORNET, HODGKINSON, MINARD et DESORMES, FAIRBAIRN, du colonel FABERT, de MM. GOIN et Cie, RONDELET (2), CHEVANDIER et WERTHEIM. Les "résultats d'observations" sont consignés dans des tables de résistance à la rupture et des valeurs limites d'emploi. Il n'est pas fait allusion à l'usage possible de coefficients de sécurité. MORIN compare ensuite les dimensions données à des pièces travaillant à l'extension dans des machines industrielles (comme les colonnes d'une presse à fourrage) et les dimensions que conduit à préconiser l'application des valeurs données par ses tables. Il souligne que le manque d'homogénéité des fontes et aciers est cause d'incertitudes. On sait que, pour obvier à cet inconvénient, MORIN développa les essais des matériaux (3).

En 1865, ARMENGAUD publie "le Vignole des mécaniciens" (4). Ouvrage au titre significatif qui se veut un ouvrage pratique s'appuyant sur les théories générales de la mécanique physique, maintenant mieux connues à travers les travaux de YOUNG, CORIOLIS, PONCELET, POISSON, LAME, etc... C'est-à-dire qu'il y a une volonté de substituer à l'induction expérimentale des résultats déductifs tempérés par la

---

(1) PONCELET (M.) : Introduction à la mécanique industrielle physique et expérimentale, METZ, THIEL, 2e éd., 1841 (1ère ed. 1829). PONCELET s'appuie lui-même dans son ouvrage sur un énorme appareil de citations et de références aux résultats de différents expérimentateurs.

(2) RONDELET (M.) : Discours pour l'ouverture du cours de construction et de stéréotomie, brochure 18 pages, sans date (1810 ?) B.N. v p 1580. RONDELET se propose d'enseigner un peu de technologie et un peu de résistance des matériaux. Il étudie surtout la "force des pierres".

(3) Nous avons, comme beaucoup, utilisé la "trousse MORIN" pour la mesure non destructive de la dureté.

(4) ARMENGAUD Aîné : Le Vignole des mécaniciens, essai sur la construction des machines, étude des éléments qui la constituent. Types et proportions des organes qui composent les moteurs, les transmissions de mouvements et autres mécanismes, Textes et Atlas, PARIS, MOREL, 1865.
D'autres éditions complétées paraîtront chez MOREL sous un titre légèrement différent, "essai" étant remplacé par "étude".

pratique. La préface de la troisième édition du Vignole (1897) est significative à cet égard. "Lorsque nous avons exposé, dans la première édition de cet ouvrage, le but que nous avions cherché à atteindre en le publiant, nous insistions spécialement sur ce fait qu'il était destiné à faciliter pour tous ceux qui ont à étudier ou à construire une machine, l'application des principes découlant des théories générales. Nous disions alors que pour appliquer ces théories avec sûreté, il fallait posséder une expérience qui ne s'acquiert que lentement si l'on doit la tirer de son propre fonds, mais que la tâche pouvait être singulièrement facilitée si l'on avait sous les yeux de bons exemples fournis par ceux-là mêmes qui ont eu, les premiers, à appliquer les données théoriques. Nous ajoutions que de ces données théoriques, transformées dans une certaine mesure par leur application, il résultait des indications pratiques, à la fois plus simples et plus complètes, et que c'est en se reportant à ces indications que le praticien parvenait le plus sûrement à se préserver des insuccès et des mécomptes.

Tout l'ouvrage a été conçu dans cet esprit : faire connaître les meilleures solutions que l'expérience a enseignées.

Nous nous sommes appliqué à donner un corps à ces solutions en les enfermant dans des formules d'une résolution facile et rapide, mais cependant d'une rigueur absolue. Dans un grand nombre de cas et lorsqu'il y avait utilité à le faire, nous avons ajouté des tables donnant les calculs faits pour toute une série de pièces de Fig.52
même nature et dans toute l'étendue des limites usitées ordinairement. Ces formules et ces tables permettent de déterminer promptement les conditions générales d'établissement d'une machine ou d'un organe de machine, et nous croyons qu'une grande part du succès que nous avons obtenu auprès des constructeurs est dûe aux facilités qu'ils ont rencontrées dans leur application.

Mais on ne saurait prétendre qu'un ouvrage comme celui-ci soit jamais terminé. L'industrie se transforme ; ses progrès sont incessants. Il faut donc que l'ouvrage se plie aux transformations de l'industrie et qu'il enregistre ses progrès". On trouve pourtant chez ARMENGAUD quelques vides que l'auteur comble par des tables de valeurs ou des courbes, ou par descriptions technologiques. Par exemple, le Fig.53
Vignole ne dit rien de la lubrification (la théorie du film d'huile Fig.54
n'est pas encore établie), mais un chapitre est consacré à la description technologique des "lubrificateurs". A peu près à la même épo-

que, de LAHARPE (1) donne la première édition de ses "notes et formules de l'ingénieur". Il serait intéressant de suivre, au fil des éditions, l'évolution des connaissances en quantité et en qualité. La 22e édition, qui paraîtra en 1927, ne compte pas moins de 4 500 pages.

Fils de mécaniciens, mécanicien lui-même, professeur à l'Académie industrielle de Berlin à partir de 1868, l'Allemand REULEAUX (2) connaît une immense audience dans son pays. Il publie, en 1870, un ouvrage de construction rigoureux et cohérent. Pour reprendre l'exemple du tourillon pour lequel, trente ans plus tôt, LEBLANC ne pouvait donner qu'une table des valeurs généralement adoptées, REULEAUX, utilisant les résultats de son étude théorique sur la flexion simple, les applique au calcul d'un tourillon frontal. De l'équation d'équarrissage découle une série de formules pratiques de calcul de diamètre auxquelles on donne encore parfois son nom (3).

Pour la construction des ensembles, REULEAUX développe une méthode fondée sur la théorie des proportions "si féconde pour la détermination des organes de machines, dit le préfacier, qui poursuit, les dimensions des diverses parties de chaque organe se trouvant inscrites sur des figures intercalées dans le texte ; elles sont toutes Fig.55
exprimées en fonction d'un module spécial qui a été déterminé dans chaque cas par les résultats de l'examen d'un grand nombre d'organes du même genre reconnus d'une exécution satisfaisante". Cette résurgence de la vieille idée d'une construction gouvernée par des proportions et modules s'explique assez dans le contexte de l'époque et par la pensée même de REULEAUX. Nous avons dit ailleurs ce qu'il fallait penser de la tentative de mise en équation des mécanismes qu'il a développée dans ses "principes fondamentaux d'une théorie générale des machines" (4).

En 1905, KOENIGS, après avoir rendu hommage à WILLIS et REULEAUX, présentera une "nouvelle théorie des mécanismes" (5), basée sur les guidages cinématiques conjugués : prismatiques, rotoïdes, sphé-

---

(1) LAHARPE (C. de) : Notes et formules de l'ingénieur, 3 tomes, PARIS, A. MICHEL, 1927, 22e édition, par BARRE et VIGREUX. La première édition a dû paraître vers 1880.

(2) REULEAUX (F.) : Le constructeur, tables, formules, règles, calculs, tracés et renseignements, traduit de l'allemand par DEBIZE, PARIS, SAVY, 1881, 2e édition.

(3) HARANG : Eléments de mécanique. (Editeur et date inconnus, ouvrage incomplet), 1950 (?).

(4) REULEAUX (F.) : Principes fondamentaux d'une théorie générale des machines, op. cité, (1877).

(5) KOENIGS (G.) : Introduction à une théorie nouvelle des mécanismes, op. cité, (1905)

riques, théorie qui connaît aujourd'hui un regain de faveur (1).

A la mise à la disposition du constructeur du puissant outil de travail qu'est la mécanique appliquée s'ajoute une reflexion sur la composition des machines et sur la technologie, courant d'idées au sujet duquel nous avons déjà dit quelques mots précédemment, en signalant qu'il avait fait l'objet d'une analyse de notre part dans une autre étude (2).

Les recueils de modèles dont nous avons vu l'importance pour l'artisanat en citant les noms de JOUSSE, MAROT, VIGNOLE, ROUBO, (3), etc..., connaissent aussi un grand succès en mécanique, surtout en ce qui concerne la machine-outil. Ces collections de planches présentent soit des machines complètes, soit des séries d'éléments (4). A défaut du modèle théorique, le modèle dessiné fournit l'image de la "bonne forme" puisqu'il s'agit de machines faites par des mécaniciens réputés. Le danger que présentent ces recueils est qu'ils ne sont pas très incitatifs à la novation. Il n'est pourtant pas rare, aujourd'hui encore, de conjuguer, dans les bureaux d'études, l'usage du catalogue de solutions, la consultation des brevets et les calculs théoriques (5). LEBLANC sacrifie volontiers à ce penchant descriptif Fig.74 en proposant dans différentes rèvues des livraisons présentant comme des touts des machines nommées et attribuées : presse à vis de M.

---

(1) SINCÉ (P.) : Réseaux particuliers de liaisons mécaniques, LE COURS INDUSTRIEL, n° 8, 9, 10, 11, trente-deuxième année, 1973.

(2) DEFORGE (Y.) : Article technique et technologie du dictionnaire du savoir moderne, op. cité.

(3) Nous avons personnellement travaillé avec des artisans ébénistes sur "le Roubo moderne" (DOURDAN, VIAL édition, S.D.). Nous avons constaté que chaque fois que le dessin est en géométral, qu'il soit muni ou non d'une échelle ou de cotes, l'artisan, même peu initié au dessin, peut par report, après s'être construit une échelle, établir ses plans sur règles et construire le meuble.

(4) BECOURT (L.), PILLET (J.) : Le dessin technique ; cours professionnel de dessin technique, PARIS, HACHETTE, 1893. 56 cahiers de dessins de machines.
ROBINET (aîné) : Cours de lavis appliqué à l'enseignement du dessin d'architecture et machines. PARIS, LACROIX, 4e éd., 1841.
"Les robinets, souvent employés dans les machines à vapeur ou hydrauliques sont quelquefois d'un mauvais goût ; j'ai donné quelques modèles qui viennent de l'atelier d'un de nos habiles constructeurs ; ils sont de forme gracieuse et remplissent les conditions d'une solide construction".

(5) WERTHEIMER (M.) : Productive thinking, N.Y., HARPER, 1945.
DEFORGE (Y.) : L'invention technique, thèse, 3e cycle, op. cité.

MONTFARINE, charronnière de M. BRUNEL, etc... (1). Il est probable qu'il se rendit compte par la suite que l'évolution scientifique rendait cette voie caduque puisqu'il s'orienta vers une technologie de construction plus conforme à l'attente des dessinateurs et exécutants.

ARMENGAUD, parallèlement à son travail de formalisation, publia lui aussi des atlas de machines-outils (2) gravés d'après ses planches du Conservatoire. Fig.7-

En plus des sources directes, il faut souligner le rôle joué par les expositions. Le premier atlas de dessin de la collection du C.N.A.M. (3) s'ouvre sur une note liminaire du rapporteur de la commission de la Marine près de l'Exposition Universelle de 1885 qui dit : "Les règlements du Palais de l'Industrie s'opposant au dessin et au relèvement des objets exposés, les planches du présent atlas ne donnent pour la plupart que de simples croquis exécutés de souvenir en s'aidant de prospectus distribués par les exposants". Ce qui montre que ces expositions étaient très suivies et source d'inspiration et même, il faut le reconnaître après avoir vu l'atlas en question, de copies plus ou moins déguisées. La bibliographie analytique des expositions industrielles et commerciales en FRANCE depuis l'origine jusqu'à 1867 montre la progression en nombre de ces expositions (4). La première exposition (après celle des machines d'après BESSON, RAMELLI, etc... déjà signalée, est celle de l'an VI (1797) à PARIS, intitulée "première exposition des produits de l'industrie française". De dimension modeste, on y voit : horlogerie, crayon, travail des métaux, alimentation, textiles, industrie domestique, prothèse, poids et mesures

---

(1) LEBLANC : Recueil de 112 planches parues dans "l'industriel" représentant des machines, instruments et appareils, par CHRISTIAN, DUBRUNFAUT, LEBLANC, s.d., (1825 (?)), Bibliothèque du C.N.A.M.

LEBLANC : Recueil des machines, instruments et appareils qui servent à l'économie rurale et industrielle divisé en parties composées chacune de 12 livraisons, chaque livraison contenant 6 planches sur demi-colombier (texte seul), Bibliothèque du C.N.A.M.

LEBLANC-POUILLET : Portefeuille industriel du Conservatoire des Arts et Métiers ou atlas et description, PARIS, Cons. des Arts et Métiers, 1834.

(2) ARMENGAUD Aîné : Atlas de machines-outils, choix de planches sur le travail des métaux, extrait de "la publication industrielle", 40 planches, PARIS, ARMENGAUD-BERNARD, 1875, 2e édition.
"La publication industrielle" complète comporte 23 volumes de texte et 13 atlas (1848-1875).

(3) Atlas : Collection C.N.A.M. 19173 n° 1, entré au Conservatoire en 1874.

(4) PLINVAL-SALGUES (R. de) : Bibliothèque analytique des expositions industrielles et commerciales en FRANCE, depuis l'origine jusqu'à 1867. Mémoire photocopié, 1960 FORN. 016. 061.4 PLI.

républicains.

La seconde exposition a lieu trois ans plus tard, puis elles se succèdent d'année en année, gagnant la province : CAEN (1806), NANTES (1824) puis BORDEAUX, TOULOUSE, etc... La notice de l'exposition de MULHOUSE, en 1836 (1), que nous avons consultée fait état, en plus des produits régionaux et des productions (machines à tisser) de l'industrie locale, d'une salle réservée à l'exposition des dessins primés des élèves des cours fondés par la société industrielle.

En 1851 a lieu à LONDRES, au Crystal Palace, la première Exposition Universelle. Ce sera surtout pour la France l'occasion de faire prendre conscience aux nations présentes de la nécessité d'adopter des étalons internationaux en matière de mesures, pour les Américains d'annoncer leur avènement au rang de nation industrielle et pour les Anglais d'affirmer leur suprématie en construction mécanique. Les machines présentées par WHITWORTH étaient d'une telle classe qu'elles furent mises hors concours. Aux expositions suivantes, NEW-YORK (1853) et PARIS (1855), la France tient une place honorable (2). Plu-

---

(1) Notice des objets qui se trouvent à l'exposition des produits de l'industrie alsacienne, MULHOUSE, TINUS, 1836, Brochure, 32 p. (B.N. vp. 5866).

(2) Comme il a été dit précédemment, l'industrie française avait, vers 1815, un sérieux retard à rattraper, les rapports des expositions précitées marquent les étapes du redressement. L'Exposition Universelle de 1867 met en lumière les résultats d'un grand effort national vigoureusement encouragé par les dignitaires du Second Empire.

" Le 1er juillet 1867, sous la voûte du Grand-Palais, orné de vélum blanc, une somptueuse cérémonie se déroulait : NAPOLEON III, Empereur des Français, trônant sur une estrade tendue de velours cramoisi semé d'abeilles d'or, présidait à la distribution des récompenses décernées aux exposants de l'Exposition Universelle. Le Sultan de Turquie, invité officiel, siégeait à la place d'honneur à côté de l'Empereur ; le prince de Galles, le prince royal de Prusse, le prince Humbert d'Italie, ... les hauts dignitaires de la Cour Impériale et les représentants des corps constitués entouraient les deux souverains d'une cohue hiératique et chamarrée. Plus de quinze mille invités avaient pris place dans les tribunes.

La différence entre les expositions de 1855 et 1867 fait éclater le triomphe de cette politique. Entre les deux dates, la progression de la technique a été gigantesque ; si, en 1855, la primauté reste encore aux matières premières, aux industries textiles, aux beaux-Arts, en 1867 les constructions mécaniques ont conquis leur place et, parmi elles, la machine-outil qui, pour la première fois, possède un stand distinct. Les grands industriels tels SCHNEIDER et GOÜIN, remportent plusieurs des grands prix, et un contemporain enthousiaste peut s'écrier : " Que dire de ces machines-outils pour lesquelles nous n'avons plus rien à envier à l'Angleterre, forant les canons de fusil ou rayant les bouches à feu, tournant les arbres de couche et les canons, laminant des plaques de fer et de cuivre aussi facilement qu'un rabot aplanit le bois le plus tendre, forant, perçant les métaux les plus durs avec une régularité mathématique ! " (Histoire de H. ERNAULT-SOMUA, H.S. éditeur, 1963).

ADDITIF AU SECOND PARAGRAPHE DE LA PAGE 101

L'ouvrage de BUCHOTTE (1), Ingénieur ordinaire du Roi (nouvelle éd. 1754), correspond à ce qu'on nomme aujourd'hui un guide du dessinateur (technique). On y trouve des explications sur le matériel du dessinateur : son entretien et son usage ; sur l'organisation du poste de travail : table à dessin, planchette, équerre double (Té) ; sur la préparation des couleurs, etc...

BUCHOTTE décrit ensuite les différents dessins utilisés en architecture militaire : plan, fragment de plan, coupes, élévation, et la façon de les faire et de les copier. Il y a plusieurs manières de copier les plans :

- en calquant à la vitre,
- en enduisant le dos du dessin à calquer de noir,
- en piquant avec une épingle,
- en reportant au carreau.

Il donne encore quelques règles pour augmenter et réduire les dessins et des maximes " pour bien tirer les lignes proprement ", donner l'impression de relief par les ombres, etc...

La partie " normalisation " de l'ouvrage porte sur la distribution (fonctionnelle) des bâtiments et sur les représentations conventionnelles des détails susceptibles de figurer sur un plan militaire. Par exemple : " Pont de bois : on le dessine à l'encre de Chine, mais il ne faut pas que l'encre soit trop noire. Pour distinguer le pont-levis du pont dormant on y fait deux diagonales ".

Un chapitre spécial est consacré aux symboles utilisés sur les plans de campagne comme ceux relatifs à la disposition et la nature des régiments en bataille (rectangles avec drapeaux de formes diverses
Fig.210 et combinables) qui se retrouvent encore aujourd'hui (cf. fig. 210).

On trouve déjà dans " Le directeur général des fortifications " de VAUBAN (1725) au paragraphe XIII les teintes conventionnelles des dessins de fortifications.

---

(1) BUCHOTTE : Les règles du dessin et du lavis pour les plans particuliers des ouvrages et des bâtiments et pour leurs coupes, profils, élévation en façade, tant de l'architecture militaire que civile, PARIS, JOMBERT, nouv. éd., 1754.

sieurs des nouveautés, présentées dans ces expositions, avaient déjà été primées par la Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale. Cette Société, fondée par BONAPARTE en novembre 1801, est animée par MONGE (PERIER fera partie du Comité des Arts Mécaniques), CHAPTAL, CONTE, BERTHOLLET, met au concours des inventions utiles à la Nation (1806 : un petit moteur à combustion interne, 1826 : application des turbines), elle distribue aussi des récompenses " aux serviteurs de la technique " et publie un bulletin : le " Bulletin de la Société d'Encouragement à l'Industrie Nationale ", qui diffuse les nouveautés techniques et scientifiques . D'autres publications comme le " Journal des Mines " et les "Annales des Arts et Manufactures" oeuvrent dans le même sens.

Une difficulté sérieuse est celle due à la reproduction. Le papier calque est connu depuis le XVIIe siècle (fabrique CANSON-MONTGOLFIER). Il permet de produire un dessin conforme à l'original au moyen de la vitre dite " calquoire ", mais le calque non fixé sur un support se rétrécit et ne permet plus, suivant l'habitude, de relever les dimensions sur le dessin même au compas ou au " kutsch "(1) (sorte de règle à biseaux gravés en mesures diverses). Pour éviter cet inconvénient il faut fixer le calque en le collant sur un carton ou utiliser la toile à calquer plus stable. Reste le problème de la reproduction fidèle et facile. La gravure, qui donne de beaux dessins, est longue et coûteuse, comme d'autres procédés tels que l'autographie. La solution attendue par les techniciens fut mise au point entre 1827, date à laquelle NIEPCE présente ses cinq premières reproductions par héliogravure, et 1850, quand le papier sensible au citrate d'argent fait son apparition dans les bureaux de dessin. Notons qu'en 1795, la France, ne recevant plus le graphite naturel de Cumberland pour faire les crayons, CONTE, à la demande du Comité de Salut Public, inventa le crayon à mine artificielle. En 1800, on réussit pourtant à importer les premières gommes en caoutchouc de fabrication anglaise(2).

suite →

Telles sont les sources et les moyens qui permettent à l'ingénieur de produire, seul ou avec l'aide d'un dessinateur, les dessins d'ensemble des machines qu'il conçoit. Reste à construire. Dans

---

(1) " Kutsch " du nom du fabricant de ce type de règle graduée (vers 1800).

(2) FELDHAUS (F.M.) a retracé en détail l'histoire des instruments et utilisés par les dessinateurs. Voir également COLOMBAIN.
FELDHAUS (F.M.) : Geschichte des technischen Zeichnens, WILHELMSHAVEN, KUHLMANN, 2e éd., 1959.
COLOMBAIN (M.) : L'aventure multiple des outils de l'écriture, FONTENAY, LUSSAUD, 1963.

les industries mécaniques les séries sont encore limitées et le dessin d'ensemble passe tel quel entre les mains du contremaître ou du traceur qui extrait des ensembles les croquis d'exécution des pièces séparées, quand il ne trace pas directement (comme l'indique l'appellation de traceur) la pièce sur le marbre. Le traceur est à lui seul tout un " bureau des méthodes ". Quand les pièces obtenues ne cadrent pas correctement avec les voisines, on ajuste laborieusement. Ce n'est que vers 1840 qu'apparaissent les calqueurs qui sortent les détails des ensembles et que les traceurs, désertant l'atelier et le marbre, viennent au bureau de dessin (on ne disait pas encore bureau des méthodes ni même bureau de fabrication) pour préparer le travail.

Nous n'avons retrouvé que quelques exemples des croquis d'atelier exécutés par les traceurs à l'intention des compagnons, encore sont-ils sujets à caution. Ces dessins, le plus souvent faits à main levée et reproduits éventuellement par voie humide (vélographie), ont dû être détruits après usage. Quand les moyens de reproduction ont permis d'avoir facilement des " bleus " (épreuves au ferro-prussiate), les détails destinés aux ateliers ont pu être distribués aux exécutants sous cette forme.

La subdivision du dessin d'ensemble en dessins de sous-ensembles et dessins d'exécution et croquis d'opérations n'est qu'une conséquence de l'évolution des conditions de la production dans les fabrications mécaniques au cours du XIXe siècle. Le phénomène déterminant est le passage de la fabrication unitaire ou semi-unitaire à la fabrication en série dans un système concurrentiel. Il entraîne un changement dans les équipements : l'outillage universel fait place à un outillage spécialisé et à des montages d'usinage en série, la série entraîne la standardisation des formes et surtout des spécifications précises pour permettre l'interchangeabilité des pièces. Tout ceci n'est pas nouveau et l'armement, nous l'avons vu, était confronté à ces problèmes depuis plusieurs siècles. Mais le phénomène de départ et ses conséquences techniques sont nouveaux en fabrication mécanique et prennent une ampleur inconnue jusqu'alors.

Les conséquences sur la structure de l'emploi ne sont pas moins importantes. Un processus dichotomique très net ~~prend naissance~~ se développe au XIXe siècle, d'un côté les activités de conception, de réflexion et de préparation se concentrent en amont de l'acte effectif de production, de l'autre, les activités de production sont de plus en plus renseignées, à tel point que l'exécutant n'a plus, à la limite, rien à ajouter à l'ordre de travail qu'il reçoit. C'est, à la longue, la mort de cette branche exsangue qui se prépare.

Cette dichotomie n'a été rendue possible que parce que - nous parlons ici d'un processus qui s'étend sur une longue période - progressivement tous les renseignements nécessaires et suffisants pour l'exécution de l'acte ont pu être " extirpés " par une opération quasi chirurgicale du réseau des relations que l'artisan entretenait avec son projet dessiné ou non, sa matière d'oeuvre, son outil. Pour remplacer ce mode de relation empathique par une redistribution rationnelle et analytique des opérations, il a fallu créer des modèles susceptibles de porter tous les renseignements nécessaires. La convergence des recherches expérimentales, du collationnement des données chiffrées dans des tableaux et barèmes (1), des recherches scientifiques mettant à la disposition des techniciens des modèles mathématiques suffisamment compréhensifs pour que les incertitudes déductives puissent être comprises entre deux limites étroites, ont fait que tous les renseignements - et c'était indispensable si l'on voulait des productions reproductibles à l'infini - se sont concentrés dans la documentation des bureaux d'études et de fabrication, dans l'expérience de ses agents, dans leurs capacités à maîtriser tous les paramètres d'une production, dans leur connaissance en mécanique théorique et appliquée, etc... De l'autre côté, il ne restait plus à l'exécutant aucune technologie à ajouter, aucun apport personnel à faire, la petite frange d'incertitude des modèles et l'incertitude due aux défaillances aléatoires de la machine étant largement comprises dans les tolérances de fabrication.

Bref, pour la pensée scientifique et froidement rationalisant qui est celle des " laudateurs de la science en cette fin du XIXe siècle, les choses sont claires. Pour TAYLOR (1856-1915) (2), un grand établissement industriel, construisant des machines variées, peut être organisé suivant deux hiérarchies : la militaire ou l'administrative ; de toute façon, les ordres ne circulent que dans un seul sens et personne ne doit en modifier la teneur ni avoir à improviser.

---

(1) Règlement du 16 mars 1845 pour l'armement : " La fabrication ne doit se faire qu'après des dessins et tables de construction dressées par un service contrôlé des études et analyses ".

(2) TAYLOR (F.W.) : La direction des ateliers, (Edition Française), PARIS, DUNOD, 1913.

" Prenons un chef d'atelier dans une entreprise quelconque, dit TAYLOR :

- il doit être bon mécanicien...
- il doit pouvoir lire facilement les dessins et avoir suffisamment d'imagination pour se représenter nettement par eux la pièce terminée,
- il doit préparer l'ouvrage et assurer que les ouvriers ont en main l'équipement et les outils convenables et qu'ils en font usage pour monter correctement la pièce sur machine et tailler le métal à la vitesse et à l'avance voulues,
- il doit veiller à ce que chaque ouvrier tienne sa machine propre et en bon état,
- il doit veiller à ce que chaque ouvrier produise un travail de la qualité requise,
- il doit s'assurer que les ouvriers placés sous ses ordres travaillent de façon continue et rapide,
- il doit constamment prévoir tout l'ensemble du travail et veiller à ce que chaque machine reçoive les travaux qui lui conviennent,
- il doit, au moins d'une façon générale, surveiller l'emploi du temps et fixer le prix des travaux aux pièces,
- il doit exercer la police parmi les ouvrier sous ses ordres, corriger leurs salaires,... "

TAYLOR ne conteste pas la nécessité de toutes ces obligations, mais il leur oppose que dans la hiérarchie chaque individu doit avoir le moins possible d'attribution. Muni de ce principe, il se livre à un criblage des activités. Toutes celles qui peuvent être formalisées, disons mises en formules, seront repoussées vers l'amont. Par exemple, le choix des vitesses de coupe et d'avance sur le tas par l'ouvrier (ou le chef d'atelier) est trop incertain, donc les calculs seront faits par avance (TAYLOR à justement étudié le problème de la coupe) grâce à des formules moins empiriques que celles de l'atelier.

Ces notions de travail continu et rapide, d'emploi du temps global, relèvent de l'artisanat et laissent trop à l'ouvrier la possibilité de faire alterner flânerie et précipitation : en divisant les attributions entre plusieurs exécutants et en établissant des standards de temps pour chaque tâche analytique on pourra arriver à une grande régularité dans la production. Puis la mécanisation des tâches machinales ou fatigantes permettra de passer de la fabrication en série à la production en chaîne. Après avoir retiré à l'ouvrier autant d'attributions que possible, on passera à l'échelon supérieur et ainsi de suite.

Aujourd'hui, si cette procédure de réduction porte sur le nombre des tâches, elle s'applique aussi à la liberté de choix ou d'appréciation dans les décisions chaque fois que la marge d'incertitude dans le déroulement des processus industriels peut être réduite à un pourcentage infime.

Ainsi, certaines attributions qui semblaient relever d'une connaissance toute intuitive liée au sentiment de l'ouvrier comme le bon état de la machine, sont remplacées par des essais statiques et dynamiques mis en oeuvre par des spécialistes du contrôle (1).

Le choix de l'outil et son affûtage ne sont plus laissés à l'initiative de l'exécutant, mais se font suivant des critères si déterminés que toutes les conditions de coupe peuvent être modélisées en vue d'un traitement manuel (formule, formulaire, règles spéciales) ou informatique.

Le passage qui suit, extrait de l' " Education technologique " (2) développe un exemple des changements intervenus dans certaines industries. " J. PAYEN écrit à propos de l'industrie verrière du XVIIIe siècle : " La fabrication du verre, des glaces et du cristal constituait l'une des plus importantes industries " lourdes " de l'époque. Les procédés de fabrication n'avaient guère évolué depuis plusieurs siècles : la composition de la matière était déterminée par des règles empiriques, selon la qualité du verre préparé et l'usage auquel il était destiné... Les opérations étaient réglées également par une longue tradition : les fours, l'outillage, les phases de fabrication des objets, les différents ouvriers, étaient désignés par des noms particuliers dont l'ensemble constituait un vocabulaire professionnel très spécialisé. Les tours de main et l'habileté des compagnons jouaient un rôle considérable dans ces opérations.

Les maîtres verriers formèrent très tôt de véritables dynasties dotées de privilèges très larges et du droit de porter l'épée. Dans un ouvrage ancien sur Le Verre et les Arts du feu, nous lisons que, lorsque le " gentilhomme de verre " était à la chasse (ce qui arrivait fréquemment), toute la fabrication s'arrêtait car lui seul était censé savoir " ouvrir la bosse de verre " ! Soulignons aus-

---

(1) DEFORGE - LEYNAUD - ORTIS : Manipulations et travaux pratiques de métrologie, tome III, Le contrôle des machines-outils, PARIS, DUNOD, 1971.

(2) DEFORGE (Y.) : L'Education technologique, op. cité, pp. 29 - 31.

si le rôle quasi magique de l'ouvrier chargé de projeter à la surface du four des branchages d'un bois soigneusement choisi par lui et ceux, décisifs, du " visiteur " qui repère les défauts et de " l'estimateur " qui, d'un coup d'oeil, choisit la meilleure découpe dans un volume verrier donné. Depuis la composition du mélange jusqu'au découpage, nous n'en finirions pas d'énumérer les postes où le praticien s'était affirmé comme indispensable. Un livre consacré aux métiers de tradition nous présentait encore, en 1950, le verrier comme l'exemple de l'artisan consciencieux " travaillant à la main " .

Qu'en est-il aujourd'hui dans l'usine dont nous parlons ? La réponse est nette : partout l'intervention directe de l'ouvrier a été écartée. L'ancienne manufacture est devenue une ligne continue de fabrication de près d'un kilomètre de long. Le processus de transformation a été le suivant : analyse des phénomènes, recherche des paramètres déterminants, étude de leur influence, définition des optimas, mise en place de dispositifs permettant de contrôler et de régler le déroulement des opérations.

Les compositions des mélanges ont été soigneusement étudiées et le dosage confié à des balances électroniques. La marche du four, si mal observée par les " regards ", a été suivie par des caméras de télévision : on a tracé les diagrammes de mouvement du bain, les graphiques de consommations et de températures et, par des captages précis, on a pu maintenir les phénomènes dans les limites déterminées. Bien entendu, le rituel jet de branchage a été remplacé par une introduction de carbone pulvérisé et dosé. Le doucissage et le polissage du verre, jusqu'alors basés sur une connaissance macrographique des surfaces, ont été étudiés micrographiquement avec des moyens puissants. On a pu expliquer des phénomènes ignorés des praticiens et pourtant intégrés dans l'opération de polissage : phénomènes physico-chimiques, migrations des paquets d'atomes, cicatrisation des blessures. Ces recherches ont permis d'examiner d'une façon critique les techniques jusqu'alors employées et d'ouvrir, à propos du polissage du verre, un nouveau chapitre de la science appliquée.

La visite des grands volumes a été confiée à des cellules photo-électriques transmettant à des mémoires les coordonnées des défauts ; d'un autre côté pénètrent les commandes des clients. Un calculateur électronique combine ces informations, choisit les coupes les plus économiques et commande la machine à découper. D'autres dispositifs identifient les volumes (transcription de la commande du client sur les étiquettes) et les orientent vers l'emballage. "

Ceci n'est pas une utopie, mais l'expression raccourcie d'une réalité sur laquelle on a pu après coup s'interroger et porter

des jugements de valeur (1), mais à laquelle on ne peut retirer son caractère d'efficacité à une époque déterminée et dans un certain contexte, même si l'Organisation Scientifique du Travail et la modélisation des processus, poussés jusque dans leurs dernières conséquences, commencent par scinder le personnel en deux groupes séparés par un large fossé : ceux qui conçoivent et organisent et ceux qui exécutent ; pour arriver, avec l'automatisation, à l'élimination de toutes les attributions de l'ouvrier, sauf peut-être le droit d'être là.

Dans l'organisation taylorienne, l'information circule du corps de conception au corps d'exécution ou du corps de conception à l'organe d'exécution. Quand il s'agit d'information technique, le langage naturel parlé ou écrit présente quelque défaut, en particulier son inadéquation à la transmission et à la conservation d'un message technique portant sur des formes, des dimensions, des agencements, l'a fait remplacer, de longue date, par le dessin technique. Les jugements de valeur sur un système de production qui a été-et qui est encore-celui d'un grand nombre d'entreprises industrielles produisant des objets en série, ne doivent pas entraîner une condamnation du mode de communication. En soi, le dessin technique n'est pas plus un facteur d'aliénation que de libération, tout dépend du système de production. Si un artisan ne sait pas tirer la meilleure information d'un dessin, il est aliéné car tributaire de ceux qui savent, réduit qu'il est à copier ou reproduire des modèles ; si un ouvrier sait coder et décoder un dessin, il n'est pas désaliéné pour autant, le dessin ne lui servant à rien s'il reste dans sa position d'ouvrier récepteur et exécutant d'ordres élémentaires et contraignants.

Tous les jeunes et adultes que nous avons eus en préparation au C.A.P. dessinateur visaient d'abord un changement de statut social. La question de savoir quelles justifications ont été données à l'introduction d'un enseignement généralisé du dessin et quelle justification on donne encore à l'enseignement du dessin dans des classes non techniques (4e et 3e du 1er cycle), sera examinée dans la seconde partie de l'étude.

---

(1) FRIEDMANN (G.) : Problèmes humains du machinisme industriel, 1945.
Où va le travail humain, 1950.
Le travail en miettes, 1956.
PARIS, GALLIMARD, pour les trois ouvrages (nombreuses rééditions).

2 - UNE ENTREPRISE INDUSTRIELLE AU DEBUT DU XIXe SIECLE

En 1781, après avoir monté l'usine d'INDRET, de WENDEL, Commissaire du Roi, TOUFFAIRE, ingénieur de la Marine, et William WILKINSON, le frère de John l'industriel que l'on connaît, sont en mission semi-officielle, à la recherche d'un site pour l'implantation d'une grande fonderie susceptible de traiter le minerai de fer par le coke à des fins militaires. Ils se détournent pour le Creusot, hameau de la baronnie de Montcenis où, de longue date, les habitants tirent à découvert de la houille pour le chauffage domestique, ils projettent aussitôt d'y installer deux hauts-fourneaux d'une dimension inconnue en France, un cubilot, cinq machines à vapeur, trois soufflantes, deux machines à marteaux, etc... Ceci nécessite beaucoup d'argent. Pour obtenir des capitaux privés, ils rencontrent PERIER qui, venu s'informer à Montcenis, voit dans cette affaire la possibilité de placer des machines à vapeur et de se procurer les pièces creuses en fonte dont il a besoin. En 1782, une société est créée sous la raison sociale PERIER-BETTINGER et Cie. pour servir de support au projet. De WENDEL dirige les travaux, WILKINSON apporte ses conseils, TOUFFAIRE dresse les plans, PERIER s'occupe de la machinerie et son adjoint, l'ingénieur RAMUS, qui deviendra Directeur du Creusot en 1785, dessine les fours (1). Une plaque en laiton retrouvée lors de la démolition des premiers bâtiments construits, porte l'inscription suivante : " L'an de l'ère chrétienne 1782 le huitième du règne de Louis-seize, pendant le ministère de M. de la Croix-Castries, M. Ignace WENDEL de HAYANGE (étant) Commissaire du Roi, M. Pierre TOUFFAIRE ingénieur, cette fonderie, la première de ce genre en France, a été construite pour y fondre la mine de fer au " coake " suivant la méthode apportée d'Angleterre et mise en pratique par M. WILLIAMS-WILKINSON (sic) ". Il s'agit plutôt d'une première pierre, car la mise à feu des hauts-fourneaux et la première coulée n'auront lieu qu'à la fin de 1785.

---

(1) Le C.N.A.M. conserve des dessins de fours du Creusot provenant des archives PERIER (série 10, liasse 241), il s'agit probablement des plans de RAMUS. Dans le portefeuille de VAUCANSON on trouve une dizaine de dessins de la fonderie royale du Creusot souvent reproduits. Un seul est daté (1788). Ces lavis semblent avoir été faits pour guider un graveur et non pour construire (C.N.A.M. n° 13571, indice 565, 566). Ce sont les seuls documents dessinés à allure industrielle sur cette période du Creusot que nous connaissions.
OZANAM (D.) : La naissance du Creusot, Revue d'histoire de la Sidérurgie, 1963, tome IV, avril-juin, pp. 108-118, avance, d'après une lettre de de WENDEL, que TOUFFAIRE a dressé les plans, proposé les projets des bâtiments provisoires, créé les détails (p. 110). Nous n'en avons pas trace.

A cette date il est certain qu'une machine à vapeur fonctionne. Est-elle venue en pièces détachées des ateliers de WATT-BOULTON-WILKINSON (une machine a transité par Honfleur en janvier 1785) ; ou est-elle venue par Nantes et la Loire jusqu'à Digoin, puis par terre jusqu'au Creusot (un chariot pour les transports lourds a été amené d'Angleterre en 1782) ; ou a-t-elle été construite par PERIER à l'image de sa première machine ? La question reste posée. Un cylindre en fonte daté de 1782 et portant le nom de J. WILKINSON, l'aléseur de Brodsley, encore visible au Musée du Château de la Verrerie au Creusot, nous fait pencher pour la seconde hypothèse.

L'usine avait été conçue pour fabriquer de l'armement : canons de fonte et projectiles divers. En 1789, YOUNG, l'agronome anglais, passant dans la région, voit cinq machines à percer les canons " qui se meuvent par le moyen de la vapeur d'eau chaude ". Il n'est pas nécessaire d'avoir un bureau de dessin pour de telles fabrications. Il suffit de se reporter aux tables. Un contrôleur de l'armement est sur place pour réceptionner les productions suivant la recette des arsenaux. Les produits sont loin d'être parfaits, on maîtrise encore mal la fabrication de cette fonte au coke et les éclatements aux essais sont fréquents, ce qui n'est pas bien vu en période révolutionnaire. HASSENFRATZ, enquêtant au Creusot en 1796, calcule que la fonte au coke coûte presque le double de la fonte au bois et constate qu'elle est tout juste bonne à faire du lest pour les navires.

De WENDEL a émigré, WILKINSON est rentré chez lui, RAMUS vient de quitter la direction, PERIER connaît des difficultés que l'on sait, l'usine périclite. Après la tourmente, en 1826, elle sera rachetée par la compagnie anglaise MANBY-WILSON qui tentera d'introduire l'affinage par puddlage en faisant venir d'Angleterre la plus grande partie de ses ouvriers. L'usine change plusieurs fois de propriétaire, on y fait de la tuyauterie pour le gaz et l'eau, quand, en 1836, elle est rachetée par SCHNEIDER Frères et Compagnie (1).

Le Creusot connaît alors un redressement rapide en se consacrant à l'industrie lourde. L'atelier des constructions mécaniques sort, en 1838, la première locomotive de fabrication française, l'année suivante on commence la construction des moteurs de marine. Le procès verbal du Jury d'admission du département de Saône-et-Loire, à l'Exposition de 1839, décrit la situation de l'usine, ses moyens de produc-

---

(1) Pour l'histoire de cette période, un ouvrage bien documenté mais qui ne cite pas ses sources, est celui de CHEVALIER.
CHEVALIER (J.) : Le Creusot, berceau de la grande industrie française, PARIS, (s. éd.), 1935.

tion et ses produits : " Quatorze locomotives ont été construites et l'on soumet au Jury un quinzième moteur destiné au chemin de fer de Bâle à Strasbourg dont les roues motrices, toutes en fer, paraissent d'une seule pièce. Le Jury constate qu'après avoir livré la première locomotive d'origine nationale qui ait fonctionné en France, le Creusot fournit des moteurs pour les chemins de fer de Saint-Germain, de Versailles, de Saint-Etienne à Roanne et qu'il en construit deux pour le chemin de fer de Milan en Italie. Deux bateaux à vapeur à coque de tôle, de soixante chevaux pour la Saône, et de quatre-vingts pour le Rhône, sont sur le chantier. Déjà six kilomètres de rails sillonnent le sol de l'usine et vingt-trois machines à vapeur donnent huit cents chevaux de force ; six cents mineurs, douze cents forgerons, tourneurs, ajusteurs, monteurs, employés divers, constituent un personnel de dix-huit cent cinquante ouvriers, facilement porté à deux mille en comprenant les irréguliers " (1). Il s'agit déjà du complexe industriel le plus important de France et le seul capable de soutenir la comparaison avec l'industrie anglaise, point de mire de l'industrie nationale. Le Jury rappelle qu'on ne pourra " lutter contre l'Angleterre pour le prix et la perfection du travail (que) si l'industrie en France donne assez d'importance à la consommation des machines pour que de grands ateliers (puissent), comme chez nos voisins, reproduire constamment les mêmes modèles " (1).

La question à laquelle nous aurions voulu répondre est celle de savoir par qui et comment ont été conçues ces machines. L'histoire cite quelques noms d'ingénieurs comme celui de BOURDON " l'habile ingénieur du Creusot ", inventeur du marteau-pilon en 1839 ; mais nous n'avons pas trouvé dans les documents de l'époque de renseignements relatifs aux dessinateurs, toujours inclus dans le personnel administratif. Ceux, fragmentaires, que nous tirons de CHEYSSON (1869) et de l'album de l'exposition de 1867 nous permettent d'avancer le nombre de 150 dessinateurs en titre pour 10000 employés en 1867. En faisant l'hypothèse d'une proportion constante, on peut admettre le chiffre de 15 à 20 dessinateurs pour les 1500 à 2000 personnes employées au Creusot en 1839. Le rôle primordial de la phase dessinée dans le type de construction développé est attesté par les archives techniques qui ont été gardées. On y voit une quantité impressionnante de dossiers techniques et de liasses de dessins curieusement enfermés dans des centaines et des centaines de gros cylindres en tôle galvanisée (2).

---

(1) VADOT (N.) : Le Creusot, son histoire, son industrie, LE CREUSOT, PAUTET, 1875.

(2) L'étude transversale que nous avons faite à l'aide de documents au C.N.A.M. serait à reprendre ici. 140 ans de technologie sont à la disposition du chercheur sous la forme la plus certaine et la plus accessible.

Grâce à l'obligeance des conservateurs, nous avons pu ouvrir quelques cylindres et consulter les liasses relatives aux fabrications dont il est question dans le rapport du Jury précité. Ces dessins, d'une facture assez uniforme, sur calque ou canson, sont très semblables à ceux exécutés à la même époque par les dessinateurs du Conservatoire Royal des Arts et Métiers (cf. supra, p. 91). Or, nous savons par HUGUET (1) que l'un des SCHNEIDER a été, vers 1820, élève de l'école de dessin du Conservatoire où enseignaient LEBLANC, DROMARD, GAUTHIER et CECILE, lui-même ancien dessinateur de chez PERIER. Il n'est pas interdit de penser qu'en reprenant le Creusot, Eugène SCHNEIDER, le maître de forges, ait pu faire venir près de lui quelques-uns de ses anciens condisciples.

Ce qui est certain, c'est que le tout premier soin des deux frères est d'ouvrir au Creusot des cours où la géométrie descriptive et le dessin industriel tiennent une place importante comme au Conservatoire ; ceci bien avant l'ouverture officielle de l'école spéciale dont il sera fait état dans la seconde partie de cette étude. Nous avons la preuve qu'à cette époque des cours de dessin poussés sont donnés à un certain personnel. Un recueil de travaux (1ère classe, série b, N° 6) montre, qu'entre novembre 1835 et juin 1836, chaque élève de cette classe a dessiné 34 épures de descriptive, 5 épures d'ombres, 3 épures de perspective, 4 dessins au lavis, 4 planches d'éléments de machines. Même si cette formation a contribué à rendre l'ouvrier creusotin excessivement dépendant des usines qui l'éduquent, l'emploient, le paient, le logent, le protègent, il est incontestable que la formation technique généralisée, et l'enseignement du dessin comme moyen de communication du haut en bas de la hiérarchie, a contribué à faire du Creusot - hommes et instruments de travail réunis - le premier grand " complexe industriel " existant (2) et, aujourd'hui encore, un micro-système technique et humain particulièrement attachant.

---

(1) MORIN (A.) : Catalogue des collections du Conservatoire des Arts et Métiers, PARIS, GUIRAUDET, 1851. Notice historique de P. HUGUET (p. 26). HUGUET a d'autant plus de raisons de ne pas se tromper sur ce point qu'au moment où il écrit sa notice, SCHNEIDER est... ministre de tutelle du Conservatoire. Cependant le registre d'inscription de l'école de dessin (registre N° 9-66 des archives du C.N.A.M.) s'arrêtant en 1816, nous n'avons pas trouvé confirmation des dires de HUGUET.

(2) La brochure éditée à l'occasion de l'Exposition de 1867 indique que 127 ingénieurs, comptables et employés, soit la moitié du personnel administratif, ont été formés sur place et " qu'il est peu de travaux que l'ouvrier du Creusot ne sache très vite comprendre et exécuter. Sa facilité à saisir les instructions données comme à rendre sa pensée, l'aptitude à calculer, l'intelligence des plans, l'aisance à s'assimiler les idées et les procédés nouveaux, distinguent cette population et démontrent sa transformation complète, comparativement à son état antérieur " .

3 - UNE ENTREPRISE DE CONSTRUCTION MECANIQUE EN 1900

Conséquence du développement de l'industrie lourde, les besoins en matériel d'équipement entraînent, au cours du XIXe siècle, la création en France de nombreuses entreprises de sous-traitance et de construction de machines-outils. Certaines existent encore aujourd'hui, mais bien peu ont conservé leur raison sociale du début. La firme ERNAULT-SOMUA, née de la fusion des ateliers BOUHEY (1844) et COLMANT (1860), en est un exemple.

Etienne BOUHEY, né en 1822 aux environs de Chalon-sur-Saône, fait son tour de France après un apprentissage au Creusot. En 1844, il ouvre un petit atelier de mécanique à Paris, rue Beaubourg, qu'il tranfère peu de temps après rue des Francs-Bourgeois (1).

Il se consacre à l'origine aux machines destinées à l'industrie de la chapellerie, ce qui lui vaut une première médaille à l'Exposition de Paris en 1849. Désireux de perfectionner ses moyens de fabrication, il se lance bientôt dans la fabrication des machines-outils qu'il exécute d'abord pour lui-même et peu après pour les besoins des autres industriels mécaniciens. Son atelier de la rue des Francs-Bourgeois devient vite trop petit. En 1855, il s'installe au 28, avenue Daumesnil sous les arcades du chemin de fer Bastille-Vincennes ; l'année d'après, il achète pour 30 000 F de l'époque à un mécanicien de Semur-en-Auxois l'usine métallurgique de Montzeron, hameau de la Côte-d'Or, où avait été créée, vingt ans plus tôt, une installation de deux hauts-fourneaux utilisant un minerai local et le bois de la région. Cette usine, après avoir fourni les forgerons de la région en " fer laminé ", n'avait plus qu'une activité réduite depuis 1850. C'est dans cette usine que E. BOUHEY entreprend la construction d'une gamme complète de machines-outils, les locaux de l'avenue Daumesnil lui servant surtout de salle d'exposition et d'entrepôts. Son génie constructif développé et un sens très averti de la cinématique lui permettent de concevoir et de réaliser l'ensemble des machines nécessaires, tant aux ateliers de mécanique qu'à ceux de chaudronnerie et de forge.

A l'Exposition Universelle de 1867, E. BOUHEY expose des machines à poinçonner et à cisailler, une cisaille circulaire pour tôles épaisses, des machines à percer, un tour parallèle, un étau-limeur,

---

(1) Les renseignements qui suivent sont extraits de la plaquette " Histoire de H. ERNAULT-SOMUA " (1963).

une machine à tarauder, un ventilateur pour forge, etc... Il y reçoit une médaille. En 1884, E. BOUHEY se retire et cède la direction de son affaire à ses fils Etienne et Philippe. Philippe meurt, à 43 ans, en 1899. La Société des Usines BOUHEY, constituée en 1894, est alors la plus importante entreprise française de construction de machines-outils. Elle a obtenu le Grand Prix à l'Exposition Universelle de 1889, et les machines BOUHEY sont vendues dans le monde entier : Chine, Japon, Roumanie, Italie et, consécration suprême, en Angleterre. La vente " clés en main " d'une usine à la Russie (1895) et l'équipement de toutes pièces de l'arsenal de Kharkoff sont restés célèbres dans les annales de la Société. Le catalogue de la Société des Usines BOUHEY de 1902 présente les photographies authentiques de près de 300 machines diverses de toutes dimensions : fraiseuses, tours, mortaiseuse, raboteuse, perceuse, taraudeuse-aléseuse, machine à affûter les fraises pour les industries mécaniques ; cisailles, machines à cintrer et à planer pour la chaudronnerie ; rabots, machines à chanfreiner pour les usines métallurgiques.

Les archives de Montzeron, conservées jusqu'au lendemain de la seconde guerre mondiale, ont malheureusement été mises au pilon depuis pour " faire de la place ". Tous les dessins des machines construites à l'usine, qui avaient été soigneusement classés par FLEURY, directeur de Montzeron après la mort de Ph. BOUHEY, ont été détruits à cette occasion. Fait significatif, on a par contre conservé une partie des archives comptables. Il ne reste que deux ou trois dessins d'époque et une dizaine de machines, construites entre 1890 et 1900, qui sont encore en fonctionnement aux forges de l'usine. Les renseignements qui suivent sont dus à l'obligeance du directeur actuel et aux souvenirs d'un ancien dessinateur, entré à l'usine en 1924.

En 1900, Montzeron emploie 500 personnes environ, parmi lesquelles une trentaine de dessinateurs dont une dizaine au bureau de dessin. Les dessinateurs se révèlent " au pied de la planche ", la hiérarchie est celle de l'âge et de l'expérience. Entré à 12 ou 13 ans à l'usine, le jeune qui a été remarqué pour son bon travail à l'école primaire, est pris au bureau de dessin comme calqueur. Il passe plusieurs années à se former en regardant et en dessinant des détails. Parfois il est envoyé à l'atelier où il aide les traceurs. A temps perdu un aîné lui fait faire des exercices de copie. Le directeur, qui joue le rôle de chef de bureau de dessin, n'hésite pas, quand il décèle une faute, à déchirer le dessin incorrect. Petit à petit, les " bonnes

formes " sont assimilées ; l'absence d'une école de dessin à Montzeron donne à cet apprentissage le caractère d'une formation par imprégnation propre à l'artisanat (1). Malgré la valeur technique inégale des cours donnés dans les écoles de dessin, les apprentis des villes ou des centres industriels où existent déjà de telles écoles (comme le Creusot) sont notablement avantagés ; le dessinateur de Montzeron qui veut compléter sa formation doit s'adresser à l'instituteur du pays ou à l'Ecole Universelle par correspondance ou à une école similaire (2), ce qui représente un effort financier considérable.

Mais en plus de ces ajustements externes, un système capable de produire en moins de dix ans plus de trois cents modèles de machines aurait été irrémédiablement bloqué sans l'intervention d'un dispositif d'auto-régulation. Nous voulons dire par là, que le bureau de dessin fournissait aux compagnons les documents dont ils avaient besoin et les compagnons " s'arrangeaient " des renseignements qui leur étaient fournis.

Généralement, les données fonctionnelles sont exprimées verbalement ou par lettre par le client, et la machine est entièrement étudiée par les dessinateurs du bureau de dessin. Le dessin d'ensemble à l'encre de Chine noire, traits de cotes et cotes en rouge, parties usinées soulignées en rouge, est exécuté sur papier toilé et coté en absolu. Les détails sont sortis sur " canson " ou sur calque en regroupant les organes par famille : bâti, visserie, paliers, etc... Peu après 1900, on prend l'habitude de faire suivre les cotes de quelques indications symboliques du mode d'usinage aussi bien que de la qualité. Les planches de détail, tirées au ferro-prussiate, sont affectées nommément à un compagnon qui a l'habitude de faire telle ou telle partie de machine. Ainsi des modeleurs travaillent sans dessins de modèles, directement d'après les dessins des pièces en fonte. Le compagnon qui a la charge de la boulonnerie reçoit son dessin et doit exécuter toutes les pièces filetées. C'est à lui de choisir sa matière

---

(1) VOISIN (M.) : Histoire du dessin industriel et évolution de la pédagogie de son enseignement. In Technique Art Science, 1952, n° 2, pp. 35-37. L'auteur rapporte quelques traits de son expérience de dessinateur des années 1900-1920 ; il dit avoir dû représenter " dans un carré de 100 mm de côté le dessin exact d'une toile métallique (diamètre du fil d'acier : 0,5 mm, intervalle entre les fils : 0,5 mm) " ou " exécuter sur une très grande surface des hachures conventionnelles de l'acier (traits croisés distants de 1 mm, durée du travail : dix heures) " .

(2) L'Ecole Universelle a été fondée en 1907, d'autres écoles avant 1900.

première, son mode opératoire, son outillage. On travaille beaucoup par " présentation " des pièces et ajustement. Si une erreur est commise sur un entre-axe, le compagnon ajoute une dent à l'engrenage pour assurer la liaison. C'est peut-être la raison pour laquelle E. BOUHEY a été le premier en France à utiliser des montages d'usinage pour assurer la permanence de certaines cotes.

Fait notable, l'esprit de cette époque semble encore régner à l'usine de Montzeron. Les modeleurs sont de véritables artistes qui travaillent toujours d'après les seuls dessins de définition ; les forgerons sont toujours dans leur antre noircie appuyée au rocher, locaux et machines datent d'avant 1900 ; les ouvriers de l'atelier de construction des fraiseuses Z, tous " ouvriers paysans " de la région, entrés à l'usine dès leur plus jeune âge, ont appris à travailler en se passant de fiche suiveuse et de mode opératoire préétabli. Comme le " bureau de dessin " a émigré vers Paris aux environs de 1920, les études viennent maintenant du grand centre technique H. ERNAULT-SOMUA de Vélizy, ce qui ne va pas sans quelques divergences entre la pensée rationnelle des concepteurs parisiens et la pratique quotidienne des ouvriers du cru.

4 - UNE ENTREPRISE DE CONSTRUCTION MECANIQUE EN 1970

C'est à partir de différentes enquêtes, menées dans plusieurs entreprises de dimensions diverses au cours des années 1960-1970, que nous avons composé un profil moyen d'une entreprise industrielle travaillant dans le domaine des fabrications mécaniques. Dans une telle entreprise, entre 5 et 10 % du personnel " fait du papier " (1), il se partage en deux groupes inégaux : environ deux tiers aux études et un tiers aux méthodes techniques (2). Les Etudes et Méthodes travaillent sur les produits futurs (court terme, moyen terme, long terme) ou sur les produits en cours. Pour la plupart des firmes, les produits qui seront commercialisables dans cinq ans sont actuellement sur la planche.

Chaque firme a sa manière d'estimer l'état d'avancement d'un projet. Dans l'une d'entre elles (I.B.M.), on estime le projet bien avancé quand on a produit un poids de papier égal à celui de la future machine. Cette estimation est modeste : en automobile, c'est par tonnes que l'on chiffre le poids de documents de toutes sortes pour un modèle de tourisme ; en aéronautique, le nombre de dessins

---

(1) et non " fait des dessins ". Tout le graphisme technique que nous incluons dans cette expression dépasse la fonction dessin.

(2) Cf. les justifications en fin de chapitre.

croît encore plus. On avance le nombre de un million de plans pour les 100 000 pièces d'un Airbus (1). Bien que ce soit difficilement comparable, la construction de la Tour Eiffel que l'on cite souvent comme l'un des premiers exemples de préparation du travail en construction civile, n'a pas nécessité plus de 300 kg de papier (2).

Le problème délicat est celui du plan de charge des services. Au moment du lancement d'un nouveau produit, il est d'usage courant de faire appel à du personnel intérimaire ou à des entreprises de prestation de services (3). Dans une firme d'automobiles on peut aller jusqu'au quart du personnel " en location " (250 dessinateur chez SIMCA-CHRYSLER).

L'organigramme des bureaux d'études et de méthodes ne peut qu'être schématisé. Rien ne commence par l'intrusion dans le bureau directorial d'un inventeur, un rouleau de plans sous le bras, ni même par une idée géniale. La première étape est une décision technique, commerciale et financière résultant d'enquêtes de marketing et débouchant sur un document écrit et chiffré comportant essentiellement l'énoncé pour le produit : Fig.150

1 - du marché qualitatif et quantitif,
2 - des conditions d'utilisation et des données fonctionnelles,
3 - des nouvelles techniques dont le produit doit bénéficier,
4 - des techniques de fabrication actuelles et à venir dont il faudra tenir compte,
5 - des zones de prix de revient et de vente à respecter ou données comparatives du même genre (ce que font les autres),
6 - du délai et du coût prévisionnel de l'étude,
7 - des investissements autorisés (4).

Le pré-cahier des charges est confié à un chef de projet qui, entouré d'une petite équipe s'appuyant sur un laboratoire de recherche et d'essais et sur un service documentation, va essayer Fig.151

---

(1) ANONYME : L'informatique à l'aérospatiale, SURESNES, 1972, DIF/AI n° 35, 488/72.

(2) BRAIBANT (Ch.) : Histoire de la Tour Eiffel, PARIS, PLON, 1964. " Douze mille pièces numérotées avaient fait l'objet d'un dessin spécial comportant le moindre détail, notamment la position des trous des rivets. Trente dessinateurs et calculateurs avaient produit en 18 mois une surface de papier de 4 000 m^2 " (page 77).

(3) Pour l'organisation d'un plan de charge, cf. :
FULLER (DON) : Organizing, planning and scheduling for engineering, operations, BOSTON, I.E.I., 8e éd., 1964.

(4) Exemples de données du pré-cahier des charges. Pour une voiture : voiture de ville, deux portes, 1,5m × 1,5m de surface au sol, moteur non polluant, carrosserie plastique moulé, 50 000 véhicules par an, coût : celui d'une voiture normale 4 places. Pour un briquet à jeter : ne pas coûter plus cher qu'une grosse boîte d'allumettes et permettre deux fois plus d'allumages au moins.

de " sortir " trois ou quatre projets respectant les contraintes du pré-cahier des charges. La difficulté naît souvent du fait de contraintes contradictoires du pré-cahier : - léger et résistant - étroit à l'extérieur et large à l'intérieur - attractif et peu coûteux - . Les données du problème situent les solutions dans une zone étroite ou inexistante (problème surdéterminé).

La documentation joue un rôle nécessaire mais ambigu. Si l'examen des produits déjà étudiés dans la firme ou dans les firmes concurrentes indique une solution cadrant parfaitement avec le pré-cahier des charges, il est difficile de s'en dégager. La consultation de brevets, de catalogues, a le même double effet d'aide et de blocage (1). Au bout d'un temps déterminé, généralement très court, toujours trop court pour le responsable de projet, il présente au comité de décision ses trois ou quatre solutions. Ce sont des dessins et croquis des notes de calculs rapides, parfois des maquettes quand l'esthétique joue un rôle important dans les critères de choix (2). Si l'un des avant-projets est retenu, l'ingénieur chargé de question doit maintenant rédiger un cahier des charges définitif accompagné des dessins et notes de calcul qu'il a pu faire pour son avant-projet (3), puis le cahier des charges est dirigé vers le bureau des études de définition. Si nécessaire, le projet retenu est divisé en sous-ensembles fonctionnels : moteur, roulement, tôlerie, etc..., ou en sous-ensembles technologiques : hydraulique, électricité, métal, etc..., ou encore en sous-ensembles par produit : machines tournantes, ralentisseurs, appareils électriques, etc..., qui sont étudiés séparément en

Fig.152

Fig.151

---

(1) Cette phase de la création a été abordée dans notre thèse de 3e cycle : Genèse des produits techniques, l'invention technique, 1966, texte et bibliographie.

(2) " Feu vert pour le projet " 115 ". Projet " 115 ", c'était le nom de code de la future RENAULT 16 et ces chercheurs, ces " cerveaux " de la Régie RENAULT, avaient mission de lui donner la vie. Point de départ : sondages et études de marché donnant un portrait-robot de la voiture : 5 places, grand standing, confort supérieur, performances brillantes, sécurité exceptionnelle et intérieur totalement repensé rompant avec les conceptions actuelles. A partir de là, feu vert... Des mois durant, seuls ou en équipe, ils ont cherché, imaginé, calculé. Jusqu'à l'heure décisive du choix. Alors, il se passa une chose exceptionnelle : parmi ces maquettes qui toutes répondaient aux exigences du cahier des charges, l'unanimité se fit sur un modèle, parce que le coup de foudre existe, même chez des techniciens. C'est le jour J... La RENAULT 16 est née ". (Doc. PUBLICIS D. 293 D, 1966).

(3) Un bureau intermédiaire, le bureau des méthodes techniques, intervient parfois ici.

respectant autant que possible un planning d'avancement commun (1).

Le but ultime du travail du bureau des études de définition est de sortir les liasses de définition du produit fini et les dessins de détail de chaque pièce, cotés fonctionnellement. Pour le calcul du report de la tolérance fonctionnelle sur les différents maillons de la chaîne, on a développé plusieurs méthodes, algébriques ou graphiques ou combinaison des deux. Chaque grande entreprise a la sienne (2). Il est important de souligner que, par rapport aux pratiques anciennes qui eurent cours jusqu'en 1950, le produit se définit au bureau des études dans ses formes, ses dimensions linéaires, ses tolérances et ses spécifications de forme et de surface, autant que possible sans référence au mode d'usinage. Fig.153 Fig.154

Cette façon de concevoir donne plus de liberté au concepteur en ne préjugeant pas de ce qui se passera ensuite et laisse aussi une possibilité d'adaptation au bureau des méthodes. L'essentiel est que l'exécution, quels qu'en soient les moyens, donne un produit conforme à sa définition. La liberté du bureau des études est cependant contrôlée par la présence dans les groupes d'étude de représentants des méthodes et le recours, chaque fois que nécessaire, aux essais et recherches et aux spécialistes des différentes techniques mises en jeu et à la documentation.

Vers le milieu de cette étude, le " bureau des méthodes pratiques " commence à rassembler les éléments qui devront lui permettre d'assurer la production dans de bonnes conditions. Généralement le processus est assez semblable à celui adopté lors de la conception : un ou plusieurs responsables étudient des projets d'usinage mettant en parallèle plusieurs solutions : avec un matériel nouveau, avec du matériel existant ou qui peut être construit à l'intérieur de l'entreprise. La responsabilité de l'agent des méthodes chargé de préparer l'industrialisation du produit est lourde. Pour chaque pièce faisant problème, l'agent des méthodes prépare un dossier comportant une gamme (3) sommaire d'après le mode d'usinage choisi, un calcul des

---

(1) La méthode PERT est recommandée pour l'établissement du planning prévisionnel, mais cela nécessite une estimation des temps d'étude (cf. troisième partie). DEFORGE (Y.) : La méthode PERT, C.R.P.E.T. industrie, ronéoté 70 p. et bibliographie, 1966.

(2) ROPION (R.) : La cotation fonctionnelle des dessins techniques, PARIS, DUNOD, 1961.
DEFORGE (Y.) : La cotation statistique, Bull.de l'A.F.C.I.Q., nº 17, 1964.
JAFFEUX (R.) : Le dessin fonctionnel de définition, PARIS, DUNOD, 1966.

(3) Gamme : Suite ordonnée d'opérations.
Opération : Etape définie de l'évolution du produit, correspondant à un ensemble ordonné d'éléments de travail, mettant en oeuvre un groupe fini d'équipements du poste de travail. (Commission du vocabulaire de l'AFNOR : Propositions de définitions).

temps, les coûts en investissements : machines, outillages, équipements annexes. Le choix se fait sur un graphique classique montrant les amortissements en fonction des séries.

Quand la décision d'opter pour l'une des solutions proposées est prise, une énorme machinerie se met en branle : planning de réimplantation de machines, commande de matériel et d'approvisionnements, distribution du travail aux bureaux des méthodes suivant les technologies mises en oeuvre, etc... Dans chaque département, on reprend en détail les gammes et chaque opération fait l'objet d'une étude portant sur les cotes à usiner, les outillages, les vitesses de coupe, l'organisation du poste, les temps, le contrôle.

Nous avons réuni une liasse relative à l'usinage du carter d'embrayage et différentiel n° 190 400 d'un véhicule automobile. Le point de départ est le dessin de définition du produit fini du carter. Ses dimensions ne permettent pas de le faire figurer dans notre Atlas (1).

Le dessin arrive au bureau des méthodes entre les mains des " gammistes " qui peuvent être amenés à préconiser l'obtention de certaines cotes par des voies détournées, d'où un calcul assez semblable à celui déjà fait au bureau des études pour le report de la tolérance fonctionnelle sur les maillons de la chaîne des cotes. Comme toutes ces cotes varient à chaque passe d'outil, il peut être nécessaire de calculer des cotes intermédiaires : cote de brute, cote d'ébauche, cote de passe, cote de finition.

Ensuite une liasse par poste de travail est constituée, elle comprend :

- le schéma du poste, Fig.159
- la liste des opérations faites à ce poste,
- l'étude du poste suivant les règles de l'O.S.T.,
- une " feuille d'opération ", par opération avec croquis, suite des phases et des sous-phases (2), indication des outillages et calcul des temps d'usinage, Fig.156 Fig.157 Fig.155
- la gamme de contrôle en " self-contrôle ", Fig.158
- la gamme de contrôle de la pièce terminée.

---

(1) 2m × 1,5m, 54 vues, coupes, sections ; 600 cotes, symboles, signes, signaux et écritures et spécifications diverses, ceci pour une seule pièce.

(2) Les phases et sous-phases, à l'encontre de ce que préconise l'AFNOR, sont généralement prises dans l'industrie comme des sous-multiples de l'opération.

Parallèlement à la préparation du travail dans les différents départements du bureau des méthodes pratiques (fonderie, mécanique, formage à chaud, formage à froid, traitements thermiques, etc...), d'autres agents préparent les gammes de montage et de contrôle des sous-ensembles et des ensembles, d'autres les dessins de catalogue, les maquettes publicitaires, les " vues éclatées " et " écorchées " pour le repérage numérique et visuel des pièces en vue des échanges, les figures explicatives pour la réparation (1). Pour le carter n° 190 400, pièce de dimension relativement modeste et d'usinage classique, plus de 200 feuilles comme celles dont nous présentons un échantillonnage ont été nécessaires. Fig.103 Fig.104 Fig.105

Si l'on sait que pour chacun des outillages, pour chacun des montages d'usinage, pour chacun des montages de contrôle spécifiés par des numéros sur les " feuilles d'opérations ", le même travail a été fait et qu'antérieurement à son usinage la pièce a été coulée , d'où la constitution préalable d'un dossier similaire pour la fonderie, on peut se demander s'il ne s'agit d'un délire paperassier et si tous ces documents sont indispensables.

Il y a des raisons pour penser qu'ils le sont dans le cadre d'une certaine structure de production et en régime concurrentiel, car ces documents coûtent à l'entreprise, s'ils ne servaient à rien, on ne les ferait plus. Or, toutes les entreprises de construction automobile du monde font à peu près les mêmes documents. Seul un changement profond dans les qualifications et les méthodes de travail pourrait avoir un effet sur le volume des renseignements transmis par le canal du graphisme. C'est ce qui se produit dans certains secteurs industriels avec la réapparition ou le maintien aux postes de production d'ouvriers professionnels qualifiés qui peuvent compenser par le savoir et l'initiative une baisse du volume de renseignements (outilleurs, moulistes, professionnels de l'atelier des prototypes).

On peut aussi se demander si les modes de présentation des renseignements techniques sont les mieux adaptés. Ici la réponse doit être nuancée. Des quatre modèles[2] : modèle physico-mathématique, modèle iconique, modèle symbolique et modèle linguistique, c'est le modèle iconique, et particulièrement la représentation figurative, qui est encore aujourd'hui le plus employé car il valorise les propriétés caractéristiques de forme et de dimension que doit connaître l'exécutant. Mais la description des formes, des dimensions et des positions

(2) cf. infra 3ème partie

(1) Ces travaux particuliers, presque toujours en perspective isométrique, sont confiés à des bureaux spécialisés extérieurs à l'entreprise.

peut se faire aussi bien par modèles mathématiques. MONGE, sur la fin de sa vie, regrettait de n'avoir pas donné la priorité à la géométrie analytique. La nécessité de " voir " une intersection, une surface complexe, passe, en effet, après la nécessité " d'avoir " l'intersection. Une pièce comme un bloc parallélépipédique peut se décrire mathématiquement (cf. troisième partie) par les coordonnées de ses points remarquables rapportées à un système de référence sans recourir à la représentation visuelle, mais cela suppose que la pièce soit usinée sur un type de machine particulier (commande numérique) ou que l'exécutant soit rompu au maniement des tableaux de repérage en coordonnées. C'est tout le système des représentations mentales qui est alors à réformer par l'éducation.

Cependant, malgré les contraintes qui le conditionnent, le graphisme technique connaît quelques essais de variantes, LEPLAT et PETIT (1), après avoir étudié la relation entre le dessin et la pratique de l'apprentissage d'un métier manuel, pensent qu'il est possible de remplacer le dessin par autre chose, quand il s'agit d'instruction en direction de sujets d'un faible niveau intellectuel, caractérisé par des insuffisances graves au niveau de la fonction symbolique et ils proposent : "s'il s'avérait que cet intermédiaire qu'est le dessin coté ne constitue pas une condition nécessaire de la réussite, mais qu'il peut être remplacé, dans des cas simples par des intermédiaires moins symboliques et plus représentatifs (vues perspectives (2) et modèles réduits ou grandeur nature par exemple), on aurait là des possibilités de formation à exploiter." Dans cet esprit, chez SIMCA-CHRYSLER, on a tenté d'introduire, il y a quelques années, le système des phrases-types, c'est-à-dire de redonner la prééminence au code linguistique en inscrivant "en clair " des spécifications ou des ordres de travail au détriment du code symbolique. Mais les signes du code symbolique (idéographie ou non) ont une telle concision et une telle précision informatives que la transmission des mêmes renseignements par le canal linguistique augmente les coûts et les "bruits" quoi qu'on fasse, une partie du personnel (travailleurs étrangers) devant apprendre le code linguistique pour comprendre le message.

En réparation automobile comme en montage et entretien, le praticien a besoin de connaître un ordre de montage (qui pourrait être donné par un graphe), mais cet ordre doit être de plus rapporté

---

(1) LEPLAT (J.), PETIT (R.) : Relation entre le dessin et les exercices pratiques dans l'apprentissage d'un métier manuel, in Bulletin de C.E.R.P., 1965, tome XIV, n° 1-2, p. 117-124.

(2) La firme CATERPILLAR graphique la plupart des dessins destinés aux ouvriers sur du papier quadrillé isométriquement.

aussi directement que possible à la réalité que le réparateur a sous les yeux, d'où l'usage de perspectives et d'éclatés. La firme SIMCA-CHRYSLER qui nous sert ici de référence dispose d'un important service audio-visuel créateur de documents filmiques sur le dépannage et la réparation qui ont l'avantage de valoriser les caractéristiques cinématiques, toujours difficiles à mettre en valeur par le dessin. Ces films sont testés dans des stages de réparateurs et de concessionnaires.

S'il s'agit de représenter des formes, la photographie semble toute indiquée. La difficulté vient de ce que pour photographier il faut avoir la pièce ou l'ensemble, le document perd le caractère anticipateur qu'a le dessin et, d'autre part, l'ajout des caractéristiques dimensionnelles est délicat dans l'état actuel des moyens techniques. Les exemples que nous donnons de l'utilisation de la photographie montrent quelques possibilités de dépassement de l'image illustrative, soit en se servant de photographie "de face", soit en jouant sur l'effet de perspective. La photographie en relief sur film gaufré (3D pictures), déjà utilisée en cristallographie, pourrait peut-être favoriser la visualisation dans certains cas de montage délicat ; de même, les animations en lumière polarisée déjà utilisées pour présenter les circulations de fluides et visualiser les concentrations de contraintes sur des pièces simples. L'holographie, enfin, fait l'objet de recherches dans le sens d'une visualisation totale des formes (1). Mais ces recherches sont tributaires de la loi de l'offre et de la demande, elles ne sont utiles au graphisme technique que dans la mesure où elles correspondent à un besoin justifié par des raisons économiques ou par une facilitation de la communication.

Fig. 106à113

L'innovation naît essentiellement des initiatives motivées par une situation et se répand par ouï-dire ou par le canal de quelques revues spécialisées dont la plus connue est " Dessinateurs et Techniciens " (2). Nous verrons dans la deuxième partie de cette étude en quelles occasions l'enseignement a joué un rôle moteur dans l'innovation. La normalisation (3) se contente généralement d'entériner des pratiques éprouvées et les sociétés d'engineering et d'ingé-

---

(1) Nous avons pris connaissance de la plupart de ces techniques aux laboratoires de recherches de la firme AGFA à LEVERKUSEN et par l'intermédiaire de ses représentants en France.

(2) Dessinateurs et Techniciens, publication de l'E.P.D.I., PARIS.

(3) Cf. Chapitre 5 : Standardisation et normalisation.

nieurs conseils qui proposent des simplifications " économiques " (1) ignorent trop souvent quel sera l'effet sur la réceptivité de l'utilisateur.

Quant aux contenus, le graphisme technique ne fait que conserver et présenter sur demande les renseignements, bons ou mauvais, que le dessinateur y a mis. De la plupart de ses calculs, de ses expérimentations, de ses hésitations et de ses options technologiques, il n'apparaît que le résultat : le matériau choisi, la forme adoptée, la cote inscrite, la spécification portée, mais ceci ne nous dit pas ce que sont ceux qui, dans l'entreprise, font les dessins et les graphiques.

---

(1) FULLER (DON) : Organizing, planning and scheduling for engineering operations, BOSTON, I.E.I., 8e éd., 1964. Op. cité : DON FULLER énumère douze règles de simplification des dessins :

1 - Eliminer tous les effets artistiques non nécessaires à l'élaboration du message,
2 - ne pas redessiner les détails répétitifs,
3 - éliminer les vues inutiles,
4 - ce qui est aisé à décrire ne doit pas être dessiné (renvoyer aux catalogues),
5 - utiliser les pointillés seulement pour la clarification,
6 - appliquer le principe des demi-vues quand c'est possible,
7 - symboliser au maximum,
8 -
9 - éliminer les détails inutiles dans un dessin d'assemblage,
10 -
11 - les éléments simples ne sont à mettre qu'en nomenclature,
12 - utiliser les autocollants.

Le document C.E.G.O.S. " Stage des chefs de service études ", septembre-octobre 1965, 1329/D6/1259, énumère une suite de conseils du même genre. Ils correspondent à peu près à ce que nous avons pu voir dans les principales entreprises industrielles françaises et étrangères avec lesquelles nous avons eu des contacts. Nous en donnons l'essentiel : Ne pas établir de dessin, chaque fois qu'il peut être remplacé par une spécification, un symbole, un calque existant ou un contre-calque d'un dessin existant, un croquis effectué préalablement (ou sa reproduction). Simplifier le tracé du dessin sans en altérer la clarté. Schématiser les éléments qu'il n'est pas nécessaire de représenter de façon détaillée.(Exemple : perçage, filetage, ressorts, épaisseurs de tôles, profilés, tubes, etc...). Supprimer les répétitions de certains détails. En dessiner un et signaler clairement le nombre de répétitions. Supprimer les vues inutiles qui ne facilitent en rien la compréhension du dessin. Supprimer la représentation des symétries. Limiter le dessin à la portion comprise entre deux axes de symétrie successifs. Prendre la précaution de prolonger légèrement les traits de contour au-delà des axes de symétrie et d'indiquer clairement le nombre de symétries. Limiter au strict minimum les représentations en pointillé des parties cachées qui ont pour effet de brouiller le dessin. Supprimer ou limiter les hachures : les hachures ayant pour seul but de faciliter la lecture du dessin, ne pas y attacher de signification formelle quant à la nature exacte de la matière qui doit toujours être précisée par ailleurs. Réduire le format du dessin dans les limites d'une bonne lisibilité dans le but de réduire son coût et les frais proportionnels au format (tirage, classement), et de faciliter la manipulation des calques et des plans. Simplifier la cotation en

L'U.I.M.M. a publié deux enquêtes sur les agents techniques, techniciens, dessinateurs et agents de maîtrise des industries des métaux en 1954 et en 1964 (1) qui nous font mieux connaître quelle est la hiérarchie et la formation des dessinateurs.

Suite de la note 1 de la page 122 :
évitant la répétition des mêmes cotes, sauf en cas de nécessité absolue, en cotant sur pointillés si cela permet de supprimer une vue sans nuire à la bonne compréhension du dessin. Simplifier les procédés d'exécution des dessins : faire le dessin définitif au crayon, dessiner directement à main levée les dessins de petits formats (A5, A4, et, dans certains cas, A3). Utiliser des calques avec cadres et cartouches pré-imprimés et découpés : soit aux formats normalisés, soit aux formats standards de l'entreprise.
Utiliser les grilles ou gabarits de tracé pour le dessin de certains détails de forme et de certains symboles répétitifs. Utiliser des calques " passe-partout " avec cotes " en blanc " pour les familles de pièces ou d'organes répétitifs propres à l'entreprise. Signaler clairement ces plans à l'attention des utilisateurs. Utiliser des tampons imprimants ou des décalcomanies toutes prêtes pour la représentation de certaines indications ou de certains symboles utilisés. Simplifier, dans le but de faciliter la compréhension du dessin et son exploration matérielle ultérieure. Faire un dessin séparé pour chaque pièce, pour toutes les pièces qui devront être (ou seront susceptibles d'être) exécutées séparément par des ouvriers différents suivant des processus différents. Dans les autres cas, disposer les différentes pièces tracées sur un même calque de façon à rendre possible le découpage des tirages en formats standards représentant chacun une pièce et les indications qui lui sont propres. Mentionner sur les dessins toutes les indications nécessaires à sa bonne compréhension et facilitant son exploration.
Exemple : Indications concernant : la matière, les traitements, les protections, le numéro de pièce, le numéro de plan, la date du dessin, le nom du dessinateur, etc...
Eviter l'ambiguïté partout où il y a, en particulier, différence de tolérances ou d'états de surface se superposant à une continuité ou une identité de formes (séparation entre " brut " et " usiné ", séparation entre deux zones de tolérances ou de qualités de surfaces différentes...). Accentuer éventuellement certaines différences de formes pour souligner des divergences de cotes cependant très voisines ou des différences de tolérances ou d'état de surfaces qui risqueraient sans cela de passer inaperçues. Agrandir certains détails, ce qui permet parfois de réduire l'échelle du dessin, tout en facilitant la compréhension des détails essentiels. Ajouter une vue perspective à l'échelle réduite dans le cas de pièces difficiles à se représenter d'après les seules projections et coupes. Ajouter une vue perspective ou plane à l'échelle 1/1 dans le cas de pièces très petites dessinées à grande échelle. Prévoir un système de repérage des modifications permettant de les localiser aisément sur le plan. Ne mettre sur un dessin qu'un seul nota et, si possible, toujours au même endroit (au-dessus du cartouche, par exemple).

(1) ANONYME : U.I.M.M. : Les agents techniques, techniciens, dessinateurs et agents de maîtrise des industries des métaux, rapport U.I.M.M., 1964.

Celle de 1974 n'est pas encore connue en ce début d'année. Il ressort de l'enquête de 1964 que les fonctions occupées par les dessinateurs assimilables aux agents techniques et de maîtrise (cadres) peuvent être réparties en six classes :

- calqueurs,
- détaillants,
- exécution,
- petites études,
- études
- projeteurs et chefs de groupe (1).

A ces classes doivent être ajoutés les agents des services "méthodes et organisation" qui ont à dessiner et graphiquer dans l'exercice de leurs fonctions, sans être à proprement parler des dessinateurs. Nous avons retenu arbitrairement quatre classes :

- ordonnancement, lancement, planning,
- chronométreurs, chronométreurs-analyseurs,
- préparateurs du travail,
- agents techniques des bureaux d'études et de recherches.

Les ingénieurs, exclus de cette enquête, n'ont pas été pris en compte dans le tableau ci-après, mais ils influent peu numériquement. L'examen de l'enquête montre des variations sensibles du pourcentage des dessinateurs et agents des méthodes dont le nombre croît régulièrement des industries lourdes aux industries de transformation de plus en plus élaborées.

Les pourcentages globaux se rapportent aux 2 200 000 salariés des industries des métaux, recensés, au premier janvier 1964, sur la base d'un questionnaire envoyé à toutes les entreprises françaises de plus de 100 personnes.

Le coefficient moyen de formation a été obtenu en multipliant par un coefficient choisi en fonction de la durée et du type de formation le niveau de formation annoncé par chaque sujet recensé et en divisant par le nombre d'individus.

Le coefficient est de 5 pour l'absence de titre, de 7 pour un titre F.P.A., de 10 pour le C.A.P. ....., jusqu'à 30 pour le D.E.S.T.

---

(1) ANONYME : Les carrières du dessin industriel, PARIS, ONISEP, 1973.

Fonctions	Nombre	%	Coef. moyen de formation	Age moyen
Calqueurs	1 485	0,06 %	7,9	27,1
Détaillants	4 070	0,18 %	10,5	25,2
Exécution	9 847	0,31 %	11,6	27,0
Petites études	9 350	0,42 %	12,3	28,6
Etudes	16 1[illegible]5	0,73 %	12,7	32,6
Projeteurs et chefs de groupe	16 582	0,75 %	13,2	39,7
Lancement, etc...	14 493	0,61 %	9,1	39,1
Chronométreurs	7 040	0,32 %	11,2	37,4
Préparateurs	18 755	0,85 %	11,3	33,1
Etudes et recherches	22 907	1,40 %	13,6	33,2
Divers	6 588	0,25 %	12,0	36,4

Un coefficient moyen de 7,9 pour les calqueurs signifie donc que cette catégorie de dessinateurs a , en moyenne, une formation nettement inférieure au C.A.P.

Pour la fonction dessin en générale, on note par rapport à 1954 une forte augmentation numérique (100 %), due à l'expansion globale des effectifs "métaux" et à l'accroissement du pourcentage des dessinateurs dans toutes les entreprises, malgré une diminution notable du nombre des agents subalternes comblée et dépassée par une forte augmentation des projeteurs et chefs de groupe, ce qui ne veut pas dire que la formation de base ait changé . En 1964, plus de la moitié des techniciens dessinateurs n'ont qu'un C.A.P. de base ou moins encore (la formation des agents techniques des méthodes est encore plus faible) (voir tableau page suivante).

En résumé, en 1964, le nombre de dessinateurs et agents des méthodes était en augmentation avec une relative stabilité globale des niveaux de formation à l'entrée, mais avec des glissements internes vers un plus haut niveau de qualification.

Niveau de formation	FONCTION (Niveau de qualification) %						Total
	Calqueur	Détaillant	Exécution	Petites études	Etudes	Projeteur et Ch.deG	
Néant	57,88	21,21	14,34	14,74	16,83	21,86	19,13
F.P.A.	1,45	1,97	1,67	1,59	1,23	0,37	1,15
C.A.P.	26,14	50,57	48,05	40,63	34,87	24,13	35,48
B.E.I.	6,43	17,03	21,08	21,51	28,72	18,36	19,85
B.P.	0,62	2,81	5,47	8,79	8,60	8,32	7,5
E.N.P.		1,29	3,16	5,01	6,72	8,80	6,01
B.T.	0,20	0,07	0,40	1,12	1,65	1,85	1,31
CNAM		0,45	0,67	1,09	1,65	3,62	1,89
DEST	0,41	0,07	0,09	0,29	0,48	0,84	0,47
Divers	6,87	4,53	5,07	5,23	6,25	10,85	7,21
Total	100	100	100	100	100	100	100

En 1974, on peut penser que l'accroissement numérique s'est stabilisé et que les niveaux de qualification se sont élevés par un recrutement d'agents plus titrés (B.I., B.T$_n$, B.T.S.) et surtout par la promotion interne et la formation continue ; les fonctions subalternes ayant tendance à disparaître sous l'influence d'une rationalisation plus poussée des dessins et par suite d'utilisation de moyens de reproduction des documents plus souples.

Ceci est confirmé par la baisse constante depuis 1964 du nombre des candidats au C.A.P. dessin (diminution de 50 % entre 1965 et 1971).

L'enquête du C.E.R.E.Q. (1), actuellement en cours et qui porte sur les fonctions et sur les dénominations au sens des conventions collectives en 1974, corrobore les profils professionnels établis par le B.I.T.

(1) C.E.R.E.Q. : Centre d'Etude et de Recherche sur les qualifications, VANVES.

Nous retiendrons la classification des dessinateurs en trois grands groupes (classification du C.E.R.E.Q.).

CADRES	AGENTS DE MAITRISE	TECHNICIENS
- chef d'études - dessinateur-projeteur spécialisé	- chef dessinateur - dessinateur chef de groupe	- dessinateur : ..principal, . projeteur, . projeteur spécialisé, . maquettiste et catalogue, . cartographe, . d'études, . petites études, . d'exécution, . détaillant.

Chaque fonction est assortie d'une définition puisée dans les conventions collectives de différentes branches professionnelles. Par exemple, le Chef d'études principal est "un agent chargé de diriger un bureau d'études important ou une fraction d'un bureau d'études très important" et le dessinateur projeteur (2e échelon pour la voirie et les bâtiments):

- doit pouvoir faire la mise au point à partir de l'esquisse d'un projet, établir les plans et détails d'exécution complets,
- doit pouvoir assurer la coordination technique des plans des maîtres d'oeuvre avec ceux des ingénieurs conseils,
- doit connaître les méthodes de mise en oeuvre actuelles des matériaux,
- peut fournir les éléments en vue de la rédaction de devis descriptifs relatifs à tous les corps d'état,
- peut éventuellement suivre l'exécution des travaux.

Le B.I.T. (1), dans sa liste des classifications types des professions, définit ainsi le dessinateur en général : "le dessinateur en général, établit des plans, sur la base d'esquisses originales et de cahiers des charges, pour la construction mécanique, le bâtiment et le génie civil, les industries de transformation ou pour d'autres activités, et prépare des graphiques et des dessins d'exécution".

---

(1) ANONYME : B.I.T. liste des classifications types des professions, GENEVE, B.I.T., 1968, p. 55.

"Il effectue les calculs, notamment de dimensions, de surfaces, de volumes ; fait la corrélation entre les dimensions calculées des différents éléments du produit ou de l'ouvrage et consulte l'auteur du projet au sujet des ajustements qu'il juge nécessaire d'apporter au modèle original ; établit des plans d'exécution précis et des dessins détaillés en utilisant ses connaissances des matières ou matériaux des procédés de fabrication, ainsi que des pratiques de construction et de mécanique afin d'indiquer toutes les spécifications nécessaires pour la fabrication des machines et d'équipements, la construction de bâtiments, de ponts, de barrages, de routes et d'autres ouvrages du génie civil".

Cette définition très large du "dessinateur en général" est reprise pour chaque famille professionnelle en y apportant les précisions propres à la spécialité considérée. On remarquera que, pour les auteurs de la définition, le dessinateur fait des graphiques et des dessins.

Les définitions "fonctionnelles" ne signalent pas la nécessité pour le dessinateur, quelle que soit sa place dans la hiérarchie, d'être capable de travailler en équipe. Pourtant, lors du tournage d'un film réalisé pour le compte de l'O.N.I.S.E.P. (1) où nous avons essayé de rendre sensible le vaste réseau d'information qui irrigue chaque point de l'entreprise, nos interlocuteurs, depuis l'ingénieur général jusqu'au dessinateur d'exécution, ont tenu à souligner tout ce que ces documents extrêmement rigoureux et contraignants ("le dessin est un ordre") pour l'utilisateur, impliquaient d'activité réfléchie et concertée de la part des "dessinateurs" (2).

---

(1) DEFORGE (Y.), MARZEL (F.) : Le dessinateur dans l'entreprise (26 mn), film tourné à la S.N.E.C.M.A. de MELUN-VILLAROCHE, 1971.

(2) Nous avons rendu cette atmosphère en filmant de petits groupes informels, autour de la planche à dessin, réfléchissant, expérimentant, calculant, discutant avec les professionnels des ateliers.

5 - STANDARDISATION ET NORMALISATION

En dessin d'architecture on a, bien avant le dessin de mécanique, utilisé un certain nombre d'artifices destinés :

- à le rendre porteur d'une plus grande quantité de renseignements (comme les coupes ou les demi-coupes),
- à supprimer l'information superflue (interruption),
- à limiter la redondance (demi-vues, vues partielles),
- à faciliter l'examen (parties agrandies, correspondance marquée par des pointillés), etc...

Au moment du développement du dessin de mécanique, ces artifices, qui faisaient l'objet d'une sorte de convention tacite entre émetteur et récepteur, seront repris et adaptés, renforcés si nécessaire, et surtout complétés par d'autres conventions propres au seul dessin de mécanique. Nous en avons vu quelques-unes pour la période 1800 - 1850 avec les dessins de la Collection de planches du Conservatoire des Arts et Métiers.

Pour connaître la suite de l'évolution adaptative du graphisme technique dans le domaine des fabrications mécaniques, nous aurons recours, encore une fois, aux Collections du C.N.A.M. Il s'agit cette fois-ci de 112 Atlas (1) de 60 × 90 cm, renfermant chacun une vingtaine de dessins d'ensembles relatifs au génie maritime. L'Atlas n° 1, non daté, est consacré à l'Exposition Universelle de 1855, nous en avons déjà parlé à propos des expositions ; les autres s'échelonnent entre 1855 et 1937. Les premiers Atlas ont pour origine l'Arsenal de TOULON (signature de DUPUY de LÔME), les numéros suivants viennent de SCHNEIDER et Cie au CREUSOT, les plus récents dessins proviennent des Ateliers et Chantiers de la LOIRE, des Ateliers et Chantiers de FRANCE à DUNKERQUE et des Chantiers et Ateliers A. NORMAND au HAVRE. Fig.141 Fig.142

En examinant quelques-uns de ces Atlas (2) et en relevant au passage les traits qui semblaient significatifs, nous avons pu retracer de l'extérieur, avec un maillage très grossier mais suffisant, les étapes de mise en place du code graphique que nous utilisons actuellement.

---

(1) Atlas de dessins du génie maritime, Coll. C.N.A.M. n° 19173 et 20308.

(2) Nous avons examiné les Atlas n°s 1 (1855 (?)), 2 - 1859, 3 - 1853-57, 4 - 1876, 5 - 1876, 6 - 1877, 7 - 1879, 46 - 1894, 71 - 1898, 91 - 1903 pour la série 19 173, et les Atlas n°s 1 - 1931, 13 - 1931, 16 - 1931, 4 (?) - 1937 pour la série 20 308, plus un Atlas de plans détachés (annexe n° 16 - 1885).
A l'intérieur de chaque Atlas, les dates des dessins peuvent s'échelonner sur plusieurs années.

En faisant une synthèse de nos investigations nous retiendrons que :

- tous les dessins examinés respectent les correspondances des vues et la disposition des projections du premier dièdre,
- tous les plans de coupe sont repérés (majuscules ou minuscules),
- les appellations qui surmontent les représentations commencent toujours par " vue " sauf pour la vue de face appelée élévation. Quelques planches des Atlas 19 173 n°s 3, 4 et 6 portent l'indication " projections " (projection verticale, projection horizontale) (1),

Au fil du temps et un peu au gré du dessinateur :

- les hachures se diversifient et se spécifient (1870) (2), Fig.138 Fig.139
- les traits pointillés des axes deviennent traits mixtes (1870), Fig.140
- les traits de force s'estompent (1880) puis disparaissent (1910) (3),
- les échelles linéaires ne sont plus dessinées sauf en cas exceptionnel (1900),
- des indications qualitatives (portage parfait, divisions égales) sont mises à l'intention des exécutants (1910),
- les représentations des filetages se simplifient par abstractions successives (1915), fig. 205

---

(1) Alors que jusque là les appellations étaient plus variées. Nous avons relevé sur les dessins du " portefeuille VAUCANSON " (1780-1800 environ) élévation géométrale, veüe, vue géométrique, dessin coté (écrit " quotté " sur un dessin de 1784).

(2) Plusieurs dessins des Atlas sont " mis en couleurs ", mais il s'agit de couleurs conventionnelles permettant de repérer les circulations de fluides dans les tuyauteries des navires (exemple : Atlas n° 71 : Dessins des dispositifs de commande hydraulique des tourelles du cuirassé d'escadre MASSENA, le CREUSOT (1898)). Par contre, les couleurs conventionnelles pour désigner les matériaux en coupe, employées jusqu'en 1930 sur les originaux et parfois sur des duplications par reprise des dessins à la main, sont, sur tous les dessins examinés, remplacées par les hachures répondant à un code de substitution, permettant la communication de l'information en noir et blanc (ou bleu et blanc) par des procédés économiques tels que l'autographie, la photographie ou l'héliographie. On assiste aujourd'hui à un retour à des codes couleurs pour certains graphismes techniques, grâce à des moyens nouveaux (par exemple, dans le dessin automatique).

(3) L'influence de l'enseignement sur certaines pratiques n'est plus à négliger désormais. Par exemple, au Congrès International des professeurs de dessin à BERNE, en 1904, il y eut de vives discussions à propos du trait de force.

- le symbole S.I. pour les filetages devient courant (1915 ?) (1),
- l'écriture bâton remplace la ronde (1930),
- les symboles se multiplient, le signe Ø remplace l'écriture D = (1934),
- les cotes nominales sont affectées de tolérances (1935) (2).

Parallèlement à la mise en place du code graphique, on assiste à un développement de la standardisation des dimensions.

Plusieurs Atlas comportent des planches consacrées aux pièces de rechange faisant partie du lot d'équipement d'un navire. Ainsi, dans l'Atlas de l'appareil moteur-chaudières du croiseur cuirassé de 9 500 tonneaux GUEYDON, construit par les Ateliers et Chantiers de la LOIRE (19 173, n° 91, 1903), on voit les dessins de pièces, vis, goujons, écrous, brides, sous lesquelles se trouvent des tableaux donnant, en valeurs nominales, les dimensions des " types ". Cette présentation que nous avons déjà vue antérieurement pour les pièces de canons et les ancres est un exemple de plus de standardisation, mais il n'apparaît pas que les dimensions retenues l'aient été pour une raison autre que la simplicité de la progression arithmétique. Il y avait pourtant plusieurs années que l'ingénieur militaire RENARD (1847 - 1905) avait imaginé, pour limiter les approvisionnements, une série de valeurs échelonnées en progression géométrique de raison $\sqrt[10n]{10}$, ce qui donnait des dimensions judicieusement réparties, puisque les formules de calcul donnent un continuum de valeurs dont la représentation graphique est généralement une courbe du second degré. Il est préférable, si l'on veut faire des classes finies, d'avoir un pas variable qui va grandissant.

Une autre approche, plus récente, est la standardisation des formes par classification analogique. L'idée de base est de doubler la standardisation des dimensions d'une réduction des formes et, par conséquent, des outillages, en recherchant inductivement si plusieurs pièces ne peuvent pas découler d'une même pièce-mère ou pièce-type ou encore forme-enveloppe. Par exemple, en collationnant les dessins des pièces cylindriques du genre " arbre court " fabriquées dans

---

(1) L'absence de dessins pour la période 1910 - 1930 dans la collection, nous oblige à faire quelque réserve sur cette date. En 1875, la marine française avait opté pour un profil de filet qui fut repris en 1894 par la Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale et qui le présenta au Congrès de ZURICH en 1898, où il fut adopté à l'unanimité des membres. Il est devenu, après quelques modifications, le filetage S.I. d'usage mondial jusqu'à une époque récente.

(2) Bien que les ajustements I.S.A. aient été adoptés en 1928 sur proposition de la France au Congrès de PRAGUE, nous n'en avons pas trouvé trace sur les documents examinés.

une grande entreprise (fictive pour cet exemple), on peut s'apercevoir que, moyennant quelques modifications non essentielles, plusieurs pièces s'inscrivent dans la forme 1 C, plusieurs dans la forme 1 B, etc... et que ces trois pièces-types (1 A, 1 B, 1 C, etc...) s'inscrivent elles-mêmes dans une forme 1, enveloppe de l'ensemble des pièces examinées. Il est alors possible de savoir combien il faut de pièces 1 pour obtenir toutes les autres et de produire ces pièces par avance ou aux moments creux de la production courante. Bien entendu, le bureau des études doit avoir connaissance des types-formes et les utiliser systématiquement. Fig.160

De 1918 à 1924, la Commission Permanente de Standardisation eut pour mission " d'étudier toutes les mesures susceptibles d'assurer l'unification des types dans la construction mécanique et métallurgique, de grouper toutes les études déjà entreprises dans cette voie et de proposer toutes les décisions propres à assurer ce résultat " (1).

La Commission, en faisant appel aux industries déjà dotées de standards internes (marine, chemin de fer, sidérurgie et métallurgie, ciments, briques et tuiles, etc...), publia 49 normes dimensionnelles et qualitatives. L'Association française de Normalisation (AFNOR), créée en 1926 (2), continua l'oeuvre de la C.P.S. en relation avec de nombreux bureaux de normalisation , créés par les groupements professionnels (B.N.A. pour l'automobile, B.N.A.E. pour l'aéronautique et l'espace, B.N.C.N. pour les constructions navales, etc...), et en relation avec les bureaux de normalisation des pays étrangers groupés au sein de l'I.S.O. (ex I.S.A.) à ZURICH.

Plutôt que de nous étendre sur les résultats des travaux de toutes ces commissions et sur l'intérêt des résultats (3), nous voudrions dégager la signification profonde des normes et standards en les rattachant à trois visées fondamentales : l'unité, l'ordre et le parfait, qui ont donné le jour à trois grandes catégories de normes :

- les normes d'unification,
- les normes de qualité,
- les normes fonctionnelles.

Les normes d'unification résultent d'une entente entre parties pour adopter un référentiel commun : une liste de termes, un

---

(1) Décret du 10 juin 1918, J.O. du 12 juin 1918, article 1er.

(2) COLLECTIF : Cinquante ans de Normes françaises, 1920 - 1970, AFNOR, 1970.

(3) Le document CEGOS 1422/D6/0460 énumère 42 bonnes raisons de standardiser, toutes économiques.

tableau de nombres, un système de représentation ou un code de signalisation. Industriellement les normes d'unification sont justifiées par leurs effets : la communication est améliorée et la limitation de la variété des produits permet de réaliser des économies. Mais plus profondément, ces normes sont la manifestation d'une opposition à la diversité inquiétante des formes et des langages, suspectés d'être d'origine maligne comme en témoigne le mythe de Babel. L'unification, c'est la reconquête de l'état premier, le simple s'oppose au complexe, l'ordre au désordre. Cette idée, particulièrement forte entre le XVe et le XVIIIe siècle, pourrait être en relation avec l'apparition de l'imprimé. On cherche passionnément la langue universelle, instrument de l'universelle concorde. GELENIUS, dans son " Lexicon symphonicum " (1735), montre le parallélisme entre les mots latins, germaniques, slaves et grecs. BIBLIANDER (1548) et GESNER (1555) disent leur conviction que sous toutes les langues anciennes, modernes, mortes ou vivantes, on peut trouver une espèce de langage commun à toutes les nations. Nicolas LEFEVRE de la BODERIE commence son ouvrage sur les langues (1578) par un chapitre intitulé " Universae linguarum methodi specimen ", de son côté, Adrien ROMANUS souhaite publier, en 1593, un " traité universel des langues ". Le père MERSENNE s'intéresse vivement à un placard diffusé par un certain des VALLÉES, prétendu auteur d'une " langue matrice " et il en fait part à son illustre correspondant René DESCARTES dans une lettre de 1629. DESCARTES répond le 20 novembre 1629 (1) et se montre assez réservé sur le sérieux de l'homme " de la langue universelle ", mais au fil de la rédaction, le voici proposant une intervention de son cru : " Au reste, je trouve qu'on pourroit adjouter à cecy une invention, tant pour composer les mots primitifs de cette langue, que pour leurs caractères ; en sorte qu'elle pourroit estre enseignée en fort peu de tems, et ce par le moyen de l'ordre, c'est à dire, établissant un ordre entre toutes les pensées qui peuvent entrer en l'esprit humain, de mesme qu'il y en a un naturellement étably entre les nombres ; et comme on peut aprendre en un jour à nommer tous les nombres jusques à l'infiny, et à les écrire en une langue inconnuë, qui sont toutesfois une infinité de mots differens, qu'on pust faire le mesme de tous les autres mots necessaires pour exprimer toutes les autres choses qui tombent en l'esprit des hommes. Si cela estoit trouvé, je ne doute point que cette langue n'eust bien-tost cours parmy le monde ; car il y a force gens qui employeroient volontiers cinq ou six jours de temps pour se pouvoir faire entendre par tous les hommes ".

Fig.56
Fig.57

---

(1) MERSENNE (P. MARIN) : Correspondance du P. MARIN MERSENNE religieux minime, publiée par Mme Paul TANNERY, PARIS, P.U.F., 1936, tome II, 1628 - 1630, pp. 323 - 329, lettre 143.

Faute d'avoir trouvé la langue-mère et neutre pouvant s'apprendre " en cinq ou six jours de temps ", les nations, consentantes ou non, ne se tournent-elles pas vers l'anglais, aujourd'hui, pour y puiser la liste des termes constituant le vocabulaire de base de la communication dans le domaine des technologies avancées comme l'aviation ou l'informatique ?

Avec la même ardeur qui laisse transparaître des motivations plus profondes que celles ouvertement avancées, on cherche un étalon de mesure " universel, perpétuel et invariable ". La décision de créer un système de mesures unifié, prise en 1790 sur proposition de TALLEYRAND, n'est pas seulement motivée par l'incohérence des anciennes mesures, c'est aussi une manifestation de l'idéal égalitaire des révolutionnaires : la même toise pour les choses et pour les hommes. Neuf ans après, le 10 décembre 1799, le mètre et le kilogramme sont déclarés " étalons définitifs des mesures de longueur et de poids dans toute la République ". A la République une et indivisible répond le système métrique unificateur et normalisateur. Des copies des étalons sont envoyées sans tarder dans chaque département et des répliques offertes aux souverains des pays avec lesquels la France n'est pas en guerre.

On retrouve le même phénomène avec tout ce qui peut varier continûment. Par le calcul, les dimensions d'une pièce s'ajustent continuellement aux efforts qu'elle subit. A cette fonction continue on substituera un nombre fini d'échelons variant de tranche en tranche. De même pour les ajustements. Mais l'exemple le plus net est celui de la mesure du temps qui va découper l'activité humaine en tranches identiques et dénombrables. Avec l'horloge, on ne travaillera plus du lever au coucher du soleil, mais de telle heure à telle heure. MUMFORD et AUZIAS (1) sont d'accord pour faire de la diffusion des " machines à donner l'heure " (horloges et montres) un facteur déterminant de changement dans les modes de relations sociales et économiques et dans l'organisation ultérieure du travail industriel. Cette influence normalisatrice du temps mesuré sera renforcée par l'instauration des fuseaux horaires. Au temps solaire observé et sans cesse variable quand l'observateur se déplace, on substituera le temps standard des fuseaux (1875 aux U.S.A.), ramenant l'infini à 24 unités. Entre 1940 et 1944, les Allemands orchestreront les activités de tout un continent en instituant une référence unique : " l'heure allemande ".

---

(1) AUZIAS (J.M.) : La philosophie et les techniques, op. cité.

Langage, temps, longueurs, poids, formes: l'action de l'homme s'inscrit dans un univers précis et borné, un univers d'ordre qui n'est pas celui de l'ordre que la science met dans les choses, mais un ordre métaphysique ou pré-scientifique à mi-chemin entre la discipline librement acceptée, réaction inconsciente à la tendance entropique de l'activité humaine, et la coercition pure et simple au nom du progrès. L'ambiguïté du terme et de ce qu'il sous-tend apparaît dans cette déclaration d'Ernest LHOSTE, Directeur Général de l'AFNOR de 1938 à 1948 : " Normaliser, c'est faire en sorte que l'ordre soit le même dans toutes les entreprises, que l'ordre du producteur soit celui de l'usager : c'est cet ordre, ou mieux cette normalisation, qui constitue le progrès " (1938).

MUMFORD (1) remarque : " Sans la standardisation, la répétition, l'effet neutralisant de l'habitude, notre environnement mécanique pourrait bien, en raison de son rythme et de ses sollicitations continues, être trop formidable. Dans les branches qui n'ont pas été suffisamment simplifiées, il excède les limites du supportable. La machine produit, par ses manifestations esthétiques, à peu près le même effet que le cadre conventionnel du savoir-vivre dans les échanges sociaux. Elle supprime la contrainte du contact et des adaptations. La standardisation... est un pare-chocs psychologique ".

Les normes de qualité sont la réplique qualitative des normes quantitatives dont on a vu précédemment qu'elles répondaient à des visées d'ordre et d'unités. Elles participent d'une dialectique du parfait et de l'imparfait, comme les normes d'unification participaient d'une dialectique de l'ordre et du désordre. Le critère des normes de qualité est hiérarchisant. Par exemple, il donne les classes des appareils électriques (2) (que nous avons essayé, dans notre ouvrage de métrologie, d'étendre aux appareils de mesure en général), la classe des machines d'après les précisions obtenues dans l'exécution de pièces-témoins (3) et les classes des vis et boulons. Ces normes sont relativement peu nombreuses et surtout destinées à permettre la " recette " et la partition des produits existants (4).

---

(1) MUMFORD (L.) : Technique et civilisation, op. cité, p. 307.

(2) NF C 42-100, 1968, Appareils de mesure électriques, indicateurs à action directe et leurs accessoires.

(3) DEFORGE, LEYNAUD, ORTIS : Travaux pratiques et manipulations de métrologie, op. cité, tome III.

(4) NF E 27-701, 1967, Boulonnerie à haute-résistance, sommaire de la norme : généralités, fabrication, spécifications et essais, recette, livraison.

Bien que cette appellation n'existe pas dans la nomenclature de la normalisation, nous qualifierons de normes fonctionnelles les normes qui définissent, par référence à des critères de choix, un produit ou une gamme de produits, le plus adapté à la fonction à l'exclusion des autres, ce qui est une restriction par rapport aux normes de qualité. Généralement, ces produits sont couverts par un label (NF - USE - APEL - ATG pour la certification des appareils domestiques à gaz).

Très judicieusement les normes fonctionnelles définissent des critères de choix fonctionnels indépendamment des solutions constructives adoptées pour remplir les fonctions, mais il n'y a pas loin entre les bons résultats aux tests fonctionnels et la meilleure solution technique, d'où l'idée, empruntée à la philosophie des archétypes, qu'il existe peut-être un " paradis des objets réussis " - voire parfaits - où le bureau des études et plus encore le bureau des méthodes iraient puiser. " La normalisation, dit un directeur de bureau d'ingénieurs-conseils, consiste (1) :

- à chercher les solutions les meilleures par référence à l'optimum visé,
- à formuler les solutions retenues sous formes de règles auxquelles chacun puisse se référer,
- à provoquer ainsi la répétition volontaire de ces solutions, chaque fois que le problème correspondant se pose. " .

Pour Paul VALERY il y aurait, de plus, une esthétique de la nécessité. Il en a donné une justification poétique qui - fait significatif - se retrouve en épigraphe du " Livre d'or de la Normalisation Française " : " PHEDRE : - il me semble parfois qu'une impression de beauté naît de l'exactitude et qu'une sorte de volupté est engendrée par la conformité presque miraculeuse d'un objet avec la fonction qu'il doit remplir. Il arrive que la perfection de cette aptitude existe en nos âmes, le sentiment d'une parenté entre le Beau et le Nécessaire... Il y a des outils admirables, étrangement clairs et nets comme des ossements, et comme eux, qui attendent des actes et des forces, et rien de plus. - SOCRATE : - Ils se sont faits d'eux-mêmes, en quelque sorte ; l'ouvrage séculaire a trouvé nécessairement la meilleure forme. La pratique innombrable rejoint un jour l'idéal et s'y arrête. Les milliers d'essais de milliers d'hommes convergent lentement vers la figure la plus économique et la plus sûre " .

---

(1) COLLECTIF : Cinquante ans de normes françaises, op. cité, p. 99.

Ainsi, aux normes fonctionnelles issues, d'une maîtrise des micro-systèmes relationnels qui se limitent aux relations de contiguïté (par exemple les jeux fonctionnels), s'ajouteraient les normes fonctionnelles régissant les formes générales des objets quand, ayant rejoint l'idéal formel, ils s'y arrêtent.

C'est oublier que tout objet s'inscrit dans un système avec lequel il entre en relation (1). Dans un monde statique et pauvre en objets, la permanence des relations et leur faible densité ont pu laisser penser que la beauté naissait de la stricte adaptation de l'objet à sa fonction : Le panier à fumier est beau, car il est approprié à sa finalité, fait dire XENOPHON à SOCRATE, et une cuillère de figuier est belle si elle est utile, répète ALAIN. Il en va encore ainsi d'objets comme les outils pour travailler la terre ou pour cuisiner, pour lesquels les relations avec le milieu se retrouvent identiquement, car le milieu ne change guère, d'où un équilibre, celui auquel pensait Paul VALERY, toujours le même.

L'erreur de " l'esthétique industrielle " (2) est d'avoir transposé le mythe de " l'esthétique fonctionnelle " (acceptable dans le cadre d'un modèle de société figée) au monde dense et dynamique des machines. Les machines entretiennent avec le milieu des rapports étroits et changeants. Une machine moderne dans un atelier vétuste détonne, plusieurs machines modernes dans le même atelier font ressortir la désuétude des autres équipements. L'esthétique industrielle qui n'assume pas sa contingence est un leurre que détruit immédiatement un coup d'oeil rétrospectif sur les objets présentés comme répondant aux canons d'une " beauté durable " (3). La " beauté rationnelle " vantée par SOURIAU est en fait beauté relationnelle.(4). C'est sur la planche à dessin que la beauté relationnelle se crée et il n'y a pas de norme fonctionnelle générale et de forme pure idéalement belle, il n'y a que des hommes qui comprennent le monde tel qu'il est, parfois tel qu'il sera demain. Même si les limites de la feuille de papier l'isole artificiellement, la machine se continue jusqu'à l'infini. Une seule machine ébranle, modifie tout le système dans lequel elle est destinée à s'inscrire, et sa réussite esthétique ou sa non-réussite est fonction des relations avec l'ensemble. Une machine à vapeur de 1800 dans une salle de musée ne veut rien dire, ne signifie

---

(1) BAUDRILLARD (J.) : Le système des objets, la consommation des signes, PARIS, DENOEL, 1968.

(2) HUISMAN (D.), PATRIX (G.) : L'esthétique industrielle, PARIS, P.U.F., (Que sais-je ?), 1961.

(3) HUISMAN (D.), PATRIX (G.) : p. 37.

(4) SOURIAU (E.) : Avenir de l'esthétique, essai sur l'objet d'une science naissante, PARIS, ALCAN, 1929.

rien, ou ne peut rien en dire. De ce point de vue, les " théâtres de machines " avaient le mérite de montrer la machine et son milieu associé. Au Deutsches Museum on a pris soin de présenter chaque machine en reconstituant son environnement d'époque, ce qui ne veut pas dire que la machine ainsi située se trouve obligatoirement en harmonie avec l'ensemble. Nous avons rassemblé et déjà jugé quelques travestissements néo-grecs ou pseudo-gothiques qui se condamnent d'eux-mêmes, encore que le bâti " grec " de la machine à vapeur SULZER de 1865 ne soit pas sans rappeler la connivence avec d'autres puissances trônant dans les temples de la finance. Les ornements, apparemment superflus de la célèbre presse à main de CLYMER (1826), sont caractéristiques d'une époque où l'ornemental n'était pas dissocié du fonctionnel. Le fonctionnel pur ne résiste pas mieux aux heurts d'un milieu issu d'une autre conception de la fonctionnalité. Les poutres d'égale résistance à la flexion des travées du métro aérien de Paris, en harmonie avec les façades des immeubles du second Empire, jurent quand elles se reflètent dans les murs de verre des tours du quartier de la Place d'Italie, et la carrosserie de la FREGATE RENAULT, qui nous était présentée comme purement fonctionnelle car calculée suivant les lois de l'aérodynamisme et essayée en soufflerie, nous apparaît, vingt ans après, ridiculement démodée.

Fig. 143à149

Fig.147

Fig.144

Qu'il s'agisse de " normes d'entente " (1) portant sur des formes canoniques obtenues par sélection expérimentale et affectation de valeurs dimensionnelles par référence à un module, à un nombre d'or, à des " proportions divines " ou encore à une table de dimensions, ou qu'il s'agisse de" normes économiques " (1) visant à abaisser le coût de la main d'oeuvre en réduisant la diversité à quelques types classés par familles en vue d'une fabrication rationnelle par lots répétitifs (2) , la normalisation, historiquement, se fonde sur des considérations théologiques et mercantiles qui n'ont pas entièrement disparu des normes actuelles. Quant à la rationalisation du produit et du travail prise dans son acception analytique, on pourrait la croire d'origine cartésienne, alors qu'elle s'oppose en fait à la recherche de l'intelligibilité dans la technique dont DESCARTES se montre constamment préoccupé. C'est que, dans un cas, on vise à rationaliser la production industrielle dans ses effets, tandis que, dans l'autre, la raison s'applique à en éclairer les causes. Nous avons déjà vu que la constitution d'une science de la construction mécanique allait dans ce sens, mais le traitement " manuel " des

(1) MAILLY (J.) : La normalisation, PARIS, DUNOD, 1946.

(2) COLLECTIF : Cinquante ans de Normes Françaises, op. cité, p. 99.

problèmes, que ce soit mathématiquement ou graphiquement, a des limites que fait tomber l'ordinateur utilisé comme outil de traitement de l'uniformation, tant par les facilités que procure sa rapidité de calcul que par les approches originales qu'il permet.

6 - LE FUTUR PREVISIBLE

Dans les fabrications mécaniques classiques le graphisme technique joue un rôle prépondérant dans deux processus techniques : le processus de conception et de construction et le processus de réalisation (usinage, montage, contrôle). Dans les deux cas, c'est l'homme qui a adopté et adapté ce mode composite d'expression à son propre usage en fonction d'une structure industrielle déterminée. Mais quand le problème est traité par ordinateur et quand l'information de sortie passe directement de l'ordinateur à la machine de production à commande numérique sans emprunter le canal humain, le graphisme technique n'est plus le médiateur privilégié. La ligne de partage se situe alors bien plus entre ce qui est mathématisé ou mathématisable et ce qui ne l'est pas encore ou qui ne le sera jamais. Toute une série de situations est à considérer. Nous ne nous arrêterons qu'aux trois plus significatives.

La première concerne la conception d'une pièce ou d'un ensemble technique pour lequel il existe des modèles, certains conduisent à une solution unique et dont le programme, relativement simple, nécessite peu de décisions logiques ou d'itérations. Dans ce cas, la partie traitement arithmétique prime sur la partie mathématique. Du remplacement des valeurs littérales par les données du problème découleront des informations de sortie qui pourront être introduites par le dessinateur dans son document graphique, à moins que l'ordinateur, muni d'un programme convenable, puisse inscrire les informations sur une feuille de papier, ou sur un écran de visualisation, Fig.161
ou commander le stylet d'une table traçante. Fig.163

Tels sont les programmes de calcul et de dessin de pièces mécaniques isolées, de poutres, de charpentes ; les dessins de circuits imprimés, de cablage avec minimalisation de la longueur des fils, de tuyautage (1) ; d'élaboration de schémas ou d'organigrammes. Fig.162

---

(1) Ces programmes peuvent devenir complexes s'il s'agit d'optimiser les coûts; on notera que les standards auxquels on arrive en tuyauterie industrielle par le traitement à l'ordinateur diffèrent de ceux des installateurs qui compensaient l'insuffisance de leurs calculs par l'introduction dans les circuits d'organes de réglages. L'effort de formalisation entraîné par la nécessité de créer de bons modèles et de bons programmes a permis de les supprimer. (Intervention COSTIC au séminaire informatique et enseignement, DIJON, 23 - 5 - 1973).

L'ordinateur peut encore, en plus des informations propres à la conception, sortir des informations relatives à la fabrication, c'est-à-dire, faire le travail du technicien des méthodes. Ceci à condition, qu'en plus des modèles habituels régissant les choix des angles des outils, le calcul des vitesses de coupe, des passes, des avances, du nombre de passes, l'ordinateur ait en mémoire, comme l'avait le technicien des méthodes, l'algorithme des opérations relatives à la fabrication du produit dans des conditions déterminées (1). Le cheminement des documents sera ensuite le cheminement classique : l'ordre d'exécution ira à l'ouvrier professionnel qui le décodera pour le recoder en ordre acceptable par la machine de production : mise en position de la pièce, montage de l'outil, réglages, succession des mouvements, changement d'outil, contrôle, etc...

Mais si la machine de production est une machine à commande numérique, l'ordinateur est à même de lui fournir l'information nécessaire et suffisante à l'exécution dans un code directement assimilable par elle, car, contrairement à l'homme - tel qu'il est formé actuellement du moins -, la machine est bien plus à même de répondre à une information numérique binaire qu'à une information graphique, aussi est-ce sous la forme d'une bande magnétique ou d'une bande perforée, en attendant la commande directe, que l'information est injectée dans la machine. Les bandes perforées, conservées en bibliothèques, deviennent une mémoire pour la machine à commande numérique, comme l'était le dessin pour l'exécutant, ou les cames et programmeurs divers pour les machines automatiques.

Nous venons de considérer le cas d'un système isolé, au sens mécanique des termes, pour lequel les relations internes sont connues et définies comme des relations entre paramètres et actions de l'environnement déterminées ou déterminables, aussi bien en ce qui concerne les conditions de fonctionnement des produits tels que des pièces, sous-ensembles, ensembles, etc..., qu'en ce qui concerne les phénomènes de production. Une autre situation, nettement différente de la précédente, est celle où le système n'est pas définissable d'emblée, mais doit prendre sa configuration par ajustements successifs et par jeu des influences mutuelles, sans qu'on sache exactement, au départ, si le problème a une solution.

---

(1) DEFORGE, LEYNAUD, ORTIS : Travaux pratiques et manipulations de métrologie, op. cité, tome II, pp. 20 - 28, l'organisation d'une gamme de contrôle.

Jusqu'alors, devant ce type de problème, l'équipe de conception, fonctionnant "grosso-modo" comme nous l'avons dit précédemment, assurait seule la responsabilité d'obtenir sur la planche à dessin l'intégration de toutes les conditions, y compris les plus contradictoires, en réunissant parfois, par une chance exceptionnelle, une optimisation globale des paramètres ; le plus souvent en composant avec les conditions pour arriver à un optimum approximatif par retouches successives au niveau de la fabrication, voire au prix de retouches après essais.

Pour automatiser le traitement de tels problèmes, il est toujours nécessaire de procéder à une analyse fine des variables paramétriques dont sont fonctions les conditions données et les contraintes technologiques qui définissent fonctionnellement l'enveloppe de l'ensemble technique. Le fait nouveau par rapport à la situation antérieure est que les paramètres ne sont pas inclus dans un modèle, mais se retrouvent dans plusieurs. On est alors devant un problème qui peut être assimilé à la résolution d'un système mathématique où il y aurait plus d'inconnues que d'équations. Intuitivement le technicien résout le problème par approximations successives, c'est ce que doit faire l'ordinateur grâce à un programme d'itération. Après avoir fixé des critères d'optimisation, on donne des valeurs arbitraires aux inconnues en surnombre pour arriver à un système soluble. A la première itération, certaines conditions vont être remplies, mais d'autres ne le seront pas puisque les valeurs sont arbitraires, en comparant l'effet sur les unes et sur les autres, de nouvelles valeurs sont prises autant de fois qu'il le faudra pour que, s'il n'y a pas d'impossibilité, chaque paramètre évolue vers une valeur compatible avec les équations des différentes conditions et avec les critères d'optimisation. Pour simplifier le programme, on peut choisir comme témoin de la convergence deux ou trois grandeurs significatives dont on sait qu'elles évoluent comme l'ensemble des paramètres. Malgré tout, les valeurs trouvées peuvent encore être incompatibles avec les impératifs technologiques, d'où la nécessité d'introduire en bonne place dans le programme des points décisionnels logiques qui relancent la recherche jusqu'à son aboutissement. Aboutissement qui peut être, dans le cas le plus exhaustif, une série d'ordres aux machines qui réaliseront les éléments de l'ensemble (1) (2) ou, comme nous l'avons dit précédemment, la production de documents intermédiaires, graphiques ou purement numériques. Il faut souligner que, dans une telle

---

(1) SAVOYE (A.), DORIS (G.) : Utilisation d'un calculateur électronique pour la recherche des meilleures conditions d'usinage, Revue du G.A.M.I. mai-juin 1963, n° 3, pp. 3-10.

(2) WEIL (R.), MEGRELIS (Ch.) : Optimalisation des conditions d'usinage, AUTOMATISME, numéro spécial, tome IX, n° 5, mai 1964, pp. 166-176.

procédure, l'ordinateur n'invente rien, il ne fait que mettre en oeuvre un programme de travail pré-établi. Les avantages du traitement sur ordinateur tiennent à la rapidité dans l'obtention des résultats et au mode de travail du calculateur. En effet, comme ses calculs sont toujours numériques, il n'est pas arrêté par la non-existence de solutions mathématiques aux équations. Un autre intérêt est qu'avec le même programme on peut obtenir une pluralité de solutions répondant toutes aux conditions et aux critères d'optimisation si ces données sont exprimées avec une marge de tolérance. On voit apparaître ici une nouvelle approche de la rationalisation des productions. Le groupement des pièces par familles permet d'utiliser le même programme et des méthodes universelles, aussi simples que possibles, pour la recherche des optimums depuis ceux d'éléments artificiellement isolés jusqu'à ceux d'ensembles composés d'éléments interagissant les uns sur les autres.

L'intervention de l'informatique dans les processus de conception et de fabrication ne va pas sans nécessiter de profondes modifications dans la composition des équipes. Outre le personnel que l'on trouve communément près d'un ordinateur : programmeurs, opérateurs, perforeurs, il devient nécessaire de faire appel à des analystes, des mathématiciens, des ingénieurs aptes à formuler les problèmes et à des spécialistes des systèmes. Mais d'autre part, tous les ingénieurs et techniciens des études et des méthodes doivent avoir des notions de base sur ces activités et savoir écrire des programmes simples ou du moins savoir détecter dans les problèmes qu'ils ont à résoudre ceux qui sont passibles d'un traitement informatisé (1). "C'est donc bien à une évolution profonde des conceptions, des méthodes de travail et des hommes que conduit l'utilisation des calculateurs, outils dont la puissance, docile lorsqu'elle est maîtrisée, apporte une aide de plus en plus efficace aux ingénieurs et aux chercheurs" (2).

Si dans certains cas l'ordinateur peut résoudre un problème technique depuis l'avant-projet jusqu'au produit fini, il reste encore de nombreux cas où la construction d'un programme est trop coûteux, trop difficile ou même impossible, on en reste ou on en revient alors au traitement classique. L'ingénieur conçoit et exprime ses conceptions par des schémas, croquis, dessins et notes de calcul et l'information se transmet entre les ingénieurs, dessinateurs, techniciens, exécutants,

---

(1) Nous ~~avons cherché~~ l'effet de ces changements sur les programmes d'enseignement ~~dans ...~~ent une enquête de l'I.N.R.D.P. (Département de la Recherche sur les Enseignements Techniques et l'Informatique). 1970 (ronéoté).

(2) MEALLIER (G.) : Le calcul automatique, AUTOMATISME, numéro spécial, mai 1964, tome IX, n° 5, p. 165.

contrôleurs, par l'intermédiaire de graphismes techniques divers. Cependant, l'ordinateur peut encore intervenir comme auxiliaire du dessinateur. Il faut pour cela qu'il puisse entrer en mémoire des informations graphiques et les restituer sur un écran de visualisation ou une table traçante. Mais cette sorte d'aller et retour de l'information serait insuffisante si l'on ne pouvait modifier les informations graphiques comme on le fait sur le papier avec une gomme et un crayon. C'est le rôle du "pointeur" qui permet à l'opérateur de dilater ou de contracter, de Fig.161
faire glisser ou pivoter à son gré une partie des dessins présentés. Grâce à un accès au calculateur central et à la bibliothèque des programmes et sous-programmes, l'opérateur peut aussi faire exécuter certains calculs et faire apparaître sur l'écran, sous forme graphique ou alphanumérique, les répercussions sur un ensemble des modifications de détails demandées (1).

Parmi les nombreux programmes qui permettent de générer des formes diverses et des écritures sur écran de visualisation ou sur table traçante, citons :

- les programmes de traitement de l'information graphique donnant les projections d'un volume sur plusieurs plans et ses perspec- Fig.163
tives suivant des points de vue déterminés ou des projections axonométriques définies par les angles et réductions fuyantes,

- les programmes de visualisation cinématique donnant les débattements d'organes, les mouvements relatifs de pièces, les défilements sur autoroute reproduisant ce que voit un conducteur roulant à telle ou telle vitesse,

- les programmes de contrôle de conception permettant de tester des projets en fonction d'une théorie ou de modèles de calcul, l'ordinateur pouvant aller jusqu'à corriger les plans (2),

- les programmes d'étude des usinages par simulation graphique des déplacements de l'outil depuis l'ébauche jusqu'à la finition,

- les tests de programmes de commande numérique pour lesquels l'ordinateur traduit les ordres de la bande perforée en déplacements du stylet de la table traçante,

- les tracés de courbes représentatives de fonctions, les Fig.164
lissages de courbes (travaux publics, marine, etc...). Fig.165

Peut-on conclure de ce qui précède que nous assistons à

---

(1) MITTMAN (B.) : Applications du traitement d'informations graphiques au bureau d'études, AUTOMATISME, octobre 1966, tome XI, n° 5, pp. 537-543, figures et bibliographie.

(2) WHITE (J.C.) : Constructions industrielles en acier, in Industrialisation forum. QUEBEC, 1970, n° 3.

l'amorce du déclin du graphisme technique, prélude à une disparition lointaine mais inéluctable ? C'est peut-être possible, mais c'est loin d'être certain, car il faut se garder de prendre ce que la prospective intellectuelle laisse entrevoir pour une prédiction assurée. On trouve encore assez peu d'exemples en fabrications mécaniques d'une élimination radicale du graphisme technique (1) et le développement de cette éventualité n'est pas obligatoirement inscrit dans ce que nous appellerons "le futur prévisible".

L'éviction du graphisme technique et corrélative de l'éviction de l'homme comme maillon de la suite de processus qui va du problème posé à la réalisation ; cette éviction est elle-même fonction de la possibilité que l'on a de remplacer l'activité intellectuelle et physique de l'homme par un programme d'action défini par avance, de maintenir les grandeurs d'influence dans les limites étroites ou de les introduire dans le modèle comme des valeurs paramétriques ; en somme de maîtriser tout ce qui se passe à l'intérieur d'un "système" dans lequel on introduit les données du problème et d'où il sort le produit spécifié. C'est une voie difficile du point de vue scientifique et contestable du point de vue humain quand elle est poussée jusque dans ses dernières conséquences comme nous l'avons montré précédemment en parlant de la réduction des attributions, aussi nous garderons-nous de laisser croire que le graphisme technique comme moyen de communication entre les hommes de la technique n'aura plus, un jour ou l'autre, de raison d'être.

Ce qui est certain -et nous l'avons soutenu jusqu'ici- c'est que le graphisme s'adapte sans cesse à l'évolution industrielle. Le couplage homme-ordinateur condamne à la disparition certains graphismes comme la statique graphique et en fait naître d'autres comme les ordinogrammes. Le couplage homme-machine automatique supprime le dessin d'exécution, mais réclame la multiplication des schémas de fonctionnement

---

(1) Les dispositifs de copiage commandent l'outil par palpage d'un modèle en volume ou d'un gabarit découpé, d'autres parcourent un dessin exécuté sur papier ou rhodoïd ce qui revient à mécaniser l'activité de l'ouvrier qui prend ses renseignements sur le dessin et règle la machine pour qu'elle "usine la cote". Mais la lecture d'un dessin représentatif de formes n'a pas d'intérêt pour la machine qui ne gagne rien à calquer son fonctionnement sur les processus humains ; d'où, après cette phase de mécanisation, une phase informatisation: la machine exploite des renseignements inscrits sur une bande perforée préalablement testée par comparaison à un dessin de la pièce à exécuter, ce qui réintroduit le dessin à un autre niveau.

pour le réglage et la maintenance de la machine. La nécessité d'exprimer autre chose que les formes visibles fait se créer sous nos yeux des représentations nouvelles qui, très rapidement, se répandent mondialement : symbolique des automatismes, symboles des départs d'usinages, des appuis, des points de serrage, symboles de formes et de positions des surfaces, graphes fonctionnels, graphes d'organisation, schémas d'agencement. Tout ce graphisme technique ne peut être considéré comme une codification circonstancielle sans importance. Par lui passent -dans le monde industriel du moins- plus d'informations que par le mode verbal. De ce fait, nous croyons nécessaire de situer le graphisme technique dans une théorie générale de la communication graphique. Nous essaierons de préciser le champ de ce que pourrait être "la graphique technique" comme science du graphisme technique dans la troisième partie de ce travail. Mais le graphisme technique n'est que l'émergence du côté de l'émetteur, d'une reflexion technique, informulée ou formalisée, à laquelle doit répondre une certaine connivence du récepteur. Comment l'enseignement a-t-il pris en compte cette double attitude : émetteur-récepteur ? C'est ce qu'il nous faut examiner maintenant.

B - ENSEIGNEMENT
LA PRISE EN CHARGE DU GRAPHISME TECHNIQUE PAR L'ENSEIGNEMENT

I - DES ORIGINES A LA FIN DU XVIIIe SIECLE

1 - INTRODUCTION

Ne disposant pas d'études de synthèse sur l'enseignement du dessin technique en France, nous avons dû ouvrir la voie en procédant à l'examen des traités, des cours et des manuels dont la matière semblait répondre à notre définition du graphisme technique. Environ deux cents volumes ont été analysés (1), ils donnent par leurs titres, le niveau visé, les contenus et les exposés de principes que constituent les préfaces, avant-propos et sommaires, une assez bonne idée des intentions des auteurs et des méthodes pédagogiques préconisées. Nous avons complété cette enquête par un examen des instructions pédagogiques et des programmes relatifs aux différents niveaux considérés.

Nous avons rassemblé ces prises de position implicites ou explicites autour de quelques questions-clés concernant les contenus, leur didactique et les objectifs assignés à l'enseignement du graphisme technique dans le cadre d'une formation technique ; ou même, comme on a tenté de le faire récemment, dans le cadre d'une initiation technique généralisée répondant à une nouvelle définition de la culture.

Quelques éléments, non négligeables encore que dispersés, nous ont été fournis par les historiens de l'éducation comme LÉON (2) qui a souligné le rôle joué par le dessin dans l'éducation technique naissante. BOOKER (3), dans un ouvrage clair et élégant, a particulièrement étudié les origines des représentations perspectives et comparé les

---

(1) Nos sources ont été essentiellement la bibliothèque FORNEY et notre propre documentation pour la période contemporaine, la Bibliothèque nationale, la bibliothèque du C.N.A.M., la bibliothèque des Compagnons du Devoir (Maison de Paris) et la bibliothèque de l'I.N.R.D.P. (ex-musée pédagogique) pour la période antérieure.

(2) LÉON (A.) : La Révolution française et l'éducation technique, op. cité, (1968).
LÉON (A.) : Une forme typique de l'enseignement technique à la fin du XVIIIe siècle : les écoles de dessin, Bulletin du C.E.R.P., 1963, tome XII, n° 1, pp. 67-79.

(3) BOOKER (P.) : A history of engineering drawing, op. cité, (1963).

méthodes pédagogiques imaginées par les enseignants, et LIPSMEIER (1) a consacré une monumentale monographie à l'enseignement du dessin technique dans les écoles professionnelles allemandes aux XVIIIe et XIXe siècles dont on souhaiterait avoir l'équivalence en France. On peut considérer le présent chapitre de notre étude comme une modeste contribution à la réalisation de ce souhait.

Sans aller jusqu'à recourir aux exposés spiritualistes sur " l'universalité de la technique ", écrit LIPSMEIER (2), on peut reconnaître que la technique, par ses interconnections avec tous les domaines, exerce de grands effets qui dépassent largement ce qui est " purement technique ". Elle a aussi une valeur culturelle qui n'est plus à démontrer, même si, jusqu'à il y a quelques années, la technique était encore refoulée dans l'arrière-cour de l'éducation et n'était pas acceptée dans le saint des saints de la formation humaniste véritable. Comme le dit FINK, cité par LIPSMEIER, " là dominaient encore les notions d'humanisme occidental et autres idoles chères à une bourgeoisie attardée ".

" La preuve de la qualité d'une formation technique n'est pas à rechercher ailleurs que dans le potentiel créatif de la technique, poursuit LIPSMEIER, bien que certains pensent que l'émancipation du technicien n'est pas encore faite et qu'il n'est pas exagéré de parler aujourd'hui encore d'une fonction de sbire du technicien dans une société a-technique... " Dans ces conditions, il faut plutôt s'interroger sur la portée technique et la portée sociale du dessin technique en tant que matière enseignée.

En général, il est admis que ce qui importe en sciences de l'éducation, c'est de développer des enseignements qui préparent à l'inclusion dans une société. Il serait insuffisant de se fier aux profils de métiers pour atteindre ce but. " Si le pédagogue possède une possibilité de choix, conclut LIPSMEIER, il est clair que sa préférence ira à un savoir positif qui n'a rien à voir avec la formation spécialisée ou l'apprentissage imitatif ".

LIPSMEIER pense que les contenus doivent être examinés sous l'angle de la dialectique théorie-pratique. Le " savoir positif " étant pour lui celui qui fait passer la théorie avant la pratique. " La théorie

---

(1) LIPSMEIER (A.) : Technik und Schule, die Ausformung des Berufsschulcurriculums unter dem Einfluss der Technik als Geschichte des Unterrichts im technischen Zeichnen, WIESBADEN, STEINER, 1971.

(2) LIPSMEIER (A.) : Technik und Schule, op. cité, pp. 3-4. Notre traduction respecte l'esprit de cette partie de l'introduction de l'auteur.

n'est plus, dès lors, la bouée de sauvetage pour les problèmes dictés par la pratique mais le potentiel mis à la disposition du technicien pour maîtriser la pratique ". Cette position, qui est aussi celle de notre enseignement technique actuel, a malheureusement fait la preuve de son inefficacité. Ce n'est pas parce que le dessin technique devient " plus rationnel, plus exact, plus technique " que le praticien acquiert un statut autre que celui de " sbire ". Le pouvoir que donne le " savoir positif " est un pouvoir technique qui s'exerce dans le cadre de l'institution sociale. Comme l'a pressenti MARX, le " savoir positif ", sans le pouvoir effectif, se retourne contre son possesseur. Sans vouloir développer, à propos de l'enseignement du graphisme technique, une étude sociologique et politique, nous verrons, en passant, que ce qui a été dit et fait à son propos est révélateur des impasses dans lesquelles les promoteurs de l'enseignement technique et professionnel, volontairement ou non, se sont engagés en cherchant à concilier les exigences internes d'un système d'enseignement et celles, externes, qui proviennent de la vie sociale. Les deux exemples a contrario que nous proposerons pour la période qui va jusqu'au début du XIXe siècle, sont ceux du compagnonnage et des cours révolutionnaires. Pendant des siècles et jusqu'à la Révolution, le compagnonnage fut la seule force de contestation du pouvoir, des patrons et de l'ordre établi (représenté par les corporations), comme le montrent les condamnations qu'ils subirent comme " perturbateurs du repos public ". Quant aux cours révolutionnaires, leur double finalité professionnelle et politique ne fait aucun doute, et la géométrie descriptive que MONGE y introduisit était, dans l'esprit de son auteur, un instrument de la libération de l'homme tout autant qu'un outil technique. " Le dessin est neutre ", a-t-on pu dire (1). Il est neutre techniquement, que le produit technique qu'il définit soit bon ou mauvais pour les hommes, il est neutre technologiquement, que le produit soit viable ou non ; nous l'avons montré précédemment, mais son enseignement n'est pas neutre. Il ressortit toujours d'options relatives aux " besoins " des formés et à leur devenir. Aussi, ne pas tenir compte des implications sociales de l'enseignement du graphisme technique serait amputer son étude d'une de ses dimensions, probablement la plus importante et la plus subtilement présente, comme nous le verrons en examinant les débuts de l'enseignement du dessin au XVIIIe siècle et plus brièvement par la suite.

---

(1) FRANCOEUR (L.B.) : L'enseignement du dessin linéaire, PARIS, COLAS, 1827.

2 - LES OBJECTIFS DE L'ENSEIGNEMENT DU DESSIN JUSQU'EN 1795

Le dessin est un indicateur de l'état d'une société, constate QUATREMERE de QUINCY (1) dans l'une de ses remarques qu'il qualifie lui-même " d'intéressantes " car " il y a co-relation des arts du dessin avec les besoins de la société ". Nous avons montré précédemment que le graphisme technique, en tant que manifestation primaire et objective de la technique, s'est toujours adapté aux circonstances techniques et que, tel que nous l'avons présenté, il recouvre un ensemble de documents dont le nombre, la nature, le contenu, la distribution entre les différents acteurs du processus de production, sont le reflet d'une organisation technique et partant d'une organisation économique et sociale. Mais nous n'avons pas évoqué son enseignement, ni vu dans quelle mesure cet enseignement était lui aussi le reflet des " besoins de la société " et si ces besoins répondaient ou non aux besoins de l'enseigné en tant que professionnel, en tant qu'homme et en tant que citoyen. Or, la capacité de faire et d'utiliser un document technique relève d'un apprentissage plus ou moins intégré à l'action, plus ou moins poussé, plus ou moins lié à la position du professionnel dans le cycle de production, mais toujours nécessaire, car le graphisme technique n'a rien de " naturel " ; les déclarations sur le dessin " moyen naturel d'expression " ont trait au dessin libre, quant au projet de faire du dessin technique une sorte de langage universel, il ne peut s'envisager que dans le cadre d'une technicisation généralisée de la société.

S'il est admis qu'il doit y avoir enseignement, encore doit-on savoir où, quand, comment et pour quels objectifs. Faut-il répondre aux demandes les plus avérées de l'ordre industriel et le fondre dans un système économique dont il ne sera qu'un rouage ; entraînant chacun vers le poste qui lui est dévolu dans une organisation déterminée, qu'elle soit changeante ou figée, donnant à chacun le savoir dont il a besoin ici et maintenant ? Autrement dit, les critères de nécessité et de suffisance qui nous ont servi de justification lors de l'examen des précédentes situations doivent-ils être aussi les critères d'un enseignement du dessin ? Faut-il élargir la formation en enseignant rationnellement, méthodiquement et complètement et faire de la " construction " la réplique pédagogique du graphisme technique ? Faut-il, au contraire, dépasser les objectifs immédiats de la fonction utilitaire et se poser en agent de changement de l'ordre économique et social en donnant une forte compétence technique et une formation civique et politique ? Faut-il, enfin, se désintéresser des conditions extérieures et se fixer ses propres finalités à travers

---

(1) QUATREMÈRE de QUINCY (A.) : Considérations sur les arts du dessin en France, PARIS, DESENNE, 1791.

une réflexion sur des contenus et une pédagogie en postulant que " le reste " viendra de surcroît ?

Autant de questions que se posèrent les promoteurs de l'enseignement du dessin au XVIIIe siècle et auxquelles l'enseignement technique et professionnel n'a toujours pas répondu. Nous allons donc examiner l'enseignement du graphisme technique dans ses rapports avec l'organisation économique et sociale dans laquelle il s'inscrit, en allant des origines à la fin du XVIIIe siècle puis, les documents devenant plus nombreux, en reprenant la question à travers les ouvrages didactiques des XIXe et XXe siècles, et quelques expériences significatives.

De ce point de vue, la position de l'enseignement du graphisme technique jusqu'à la fin du XVIIIe siècle est nettement définie et repose sur la vieille distinction entre arts libéraux et arts mécaniques qui correspond à un partage fonctionnel des attributions entre ceux qui conçoivent et ceux qui réalisent, sans qu'on puisse trouver trace d'une hiérarchie de valeurs entre les deux, ni de différence dans le système de formation qui est, dans les deux cas, une formation par contact de maître à apprenti.

Les représentants des arts libéraux tels, les architectes, dessinateurs et décorateurs, plus " peintres d'architecture " que techniciens, sont en premier lieu plus préoccupés de respect des proportions selon le nombre d'or d'après VITRUVE, de recherches de symétrie, d'harmonie et de perspective que de construction au sens technologique du terme.

Le rôle des architectes est de proposer des idées, soit par des dessins pour des projets particuliers, soit par des collections de modèles dessinés pour des réalisations à la demande. Les ouvrages d'architectes offrant aux serruriers, ornemanistes, menuisiers, charpentiers, des modèles de construction (VOGTHERR, JOUSSE, MAROT, LEPAUTRE, DAVESNE (1)

---

(1) VOGTHERR (H.) : Ein Frembdes und wunderbarliches Kunstbüchlin allen Molern, Bildtschnitzern, Goldtschmiden, Steynmetzen, waffen und Messerschmiden hochnützlich zugebrauchen, Dergleichen vornie keines gesehen oder in den Truck kommen ist (1538), STRASBOURG, 1572.

JOUSSE (M.) : La fidelle ouverture de l'art du serrurier, op. cité (1627).

TABART-BINET (Mme M.T.) : Le fer forgé dans l'Ile Saint-Louis, Technique, Art, Science, 1957, nos 111 et 112.

MAROT (père et fils) : Grand Marot, op. cité, (1650).

LEPAUTRE (J.) : (1618-1682) publia de nombreux recueils d'ornements. C'est lui qui a créé les modèles du style Louis XIV.

DAVESNE (R.) : Livre de serrurerie nouvellement inventé par Robert Davesne, PARIS, chez l'auteur, 1676.

et plus tard VIGNOLE et ROUBO) (1) ont eu, aux XVIIe et XVIIIe siècles, un succès considérable. Des noms comme ceux de VIGNOLE et ROUBO sont, encore aujourd'hui, connus des artisans.

La résolution des problèmes pratiques qui se posent dans le domaine de la taille des pierres, de la mise en place des charpentes, de la serrurerie et, accessoirement, de la construction des " machines " dessinées par les ingénieurs (qui sont souvent aussi des architectes) relèvent des hommes de métier pour lesquels la maîtrise est une attestation certaine de compétence. Si nous considérons restrictivement que le dessin dont ont besoin les artisans constitue ce qu'on nommera le graphisme professionnel, on constate qu'à l'origine il ne fait pas l'objet d'un enseignement autonome, ayant sa finalité propre et la portée générale d'une discipline instrumentale comme pouvaient l'être déjà la lecture, l'écriture et le calcul. Cela tient à plusieurs causes dont la principale est l'inexistence d'une théorie générale susceptible de s'intégrer dans la formation professionnelle en situation telle qu'elle est donnée par le maître à l'apprenti. Cela tient aussi à l'inutilité d'une telle théorie. Les règles de la représentation visuelle (élévation et plan) suffisent à représenter les corps suivant les deux points de vue principaux, à partir de quoi la géométrie plane donne les tracés et constructions nécessaires à chaque corps de métier. Nous en avons déjà vu des exemples avec le " trait " et nous savons que ces algorithmes ne visaient absolument pas à dépasser le niveau de l'applicabilité quasi immédiate. Quant à la technologie d'accompagnement, elle est issue de l'expérience, donc très pratique, et s'inscrit directement dans les formes dessinées et construites. On trouve bien dans les traités du XVe au XVIIe siècle quelques théories comme celles des machines simples, des roues dentelées et lanternes (2), ou celles de la gnomonique (3), mais ce sont des spéculations mathématiques et géométriques qui ne sont pas destinées aux praticiens.

A partir du début du XVIIIe siècle, l'accroissement de la demande de biens mobiliers et immobiliers et sa diversification font que concepteurs et réalisateurs sont sollicités sur des projets qui sortent des canons traditionnels de la construction et auxquels ne s'adaptent plus les solutions stéréotypes qui permettaient, par transformation et extrapolation, de répondre à la commande. " Le goût demande de l'étude, la

(1) VIGNOLE (J. de BAROZZIO) : Livre nouveau ou règles des cinq ordres d'architecture, PARIS, CHARPENTIER, 1757.

(2) UBALDI (G.) : Le mechaniche, VENISE, F.F. SANESE, 1581.

(3) BOSSE (A.) : La manière universelle de M. DESARGUES pour poser l'essieu et placer les heures et autres choses aux cadrans au soleil, PARIS, DESHAYES, 1643.

mécanique veut des principes ", remarque ROZOI (1). Ces principes, la science en mettra un certain nombre à la disposition des arts mécaniques au cours du XVIIIe siècle, mais seule une classe en profitera pleinement. C'est celle qui hante les cabinets de physique et les cours publics, qui peut s'acheter et lire les encyclopédies, qui fréquente les académies, se forme dans les écoles à temps plein pour les architectes et les ingénieurs où les clauses de nombre et de titre jouent comme des filtres. On assiste à une captation du savoir par une intelligentsia plus bourgeoise que noble, face à laquelle il n'existe pour les artisans que des palliatifs sans portée. Les associations de compagnons, parce qu'elles sont ouvertes au changement et parce qu'elles ont une structure d'enseignement très souple et des contenus très particuliers que la science ne réduira " en principes " que difficilement, résistent mieux à l'accaparation du savoir. GUINOT (2) signale que, sous la Restauration, les associations de compagnons seront le refuge des ouvriers déçus par une société qui se montre incapable de leur donner un statut majeur.

BACHELIER (3), qu'une longue carrière d'enseignant rend sensible aux attentes des artisans, constate que les encyclopédies sont chères, difficilement accessibles et pas assez générales, que les cabinets de modèles sont privés et que les cours académiques ne sont ouverts qu'aux élèves avancés ; il pense qu'il faudrait " ouvrir un cours complet public des arts mécaniques dans lequel des ouvriers intelligents démontreront les machines, les matières employées et les opérations relatives à chacun de ces arts, réunissant pour ainsi dire dans un même lieu tous les ateliers et toutes les manufactures ". C'est cette idée qui présidera à la création du Conservatoire des arts et métiers et qui sera reprise dans plusieurs projets post-révolutionnaires. Mais on pense encore dans la deuxième moitié du XVIIIe siècle que la ligne de démarcation entre les arts mécaniques et les arts libéraux est factice et qu'elle peut s'abolir grâce à une considération un peu condescendante. " C'est aux arts libéraux de tirer les arts mécaniques de l'avilissement où le préjugé les a tenus si longtemps, c'est à la protection des rois de les garantir d'une indigence où ils languissent encore. Les artisans se sont

---

(1) ROZOI (B.F. de) : Essai philosophique sur l'établissement des écoles gratuites de dessin pour les arts mécaniques, PARIS, QUILLAU, 1769.

(2) GUINOT (J.P.) : Formation professionnelle et travailleurs qualifiés depuis 1789, PARIS, DONAT, s.d., (1946), p. 68.

(3) BACHELIER (J.J.) : Projet d'un cours public des arts et métiers, 1772.

cru méprisés parce qu'on les a méprisés " (1). En fait, le fossé qui se creuse est bien plus profond et d'une autre origine. A la séparation fonctionnelle, conception-réalisation, qui laissait l'artisan possesseur d'un pouvoir étendu : celui que lui donnaient son savoir jalousement conservé, la propriété de ses outils de travail et le plaisir de créer matériellement, se substitue la dichotomie naissante, conception-organisation, exécution, propre au système manufacturier, qui rassemble le pouvoir du savoir et des moyens de production entre les mains des ingénieurs et des hommes d'affaire, en ne laissant à l'ouvrier que la liberté de produire machinalement.

L'habile artisan du début du XVIIIe siècle, resté enfermé dans la routine et le carcan de sa corporation, est pris au piège d'une société pré-industrielle qui se structure en fonction des capacités de ses membres à se situer.

Par exemple, J.F. BLONDEL (2) fonde, en 1743, un cours d'architecture ouvert à toutes les classes de la société, architectes et artisans mêlés. Il s'aperçoit bien vite que le décalage entre les deux groupes d'auditeurs n'est pas seulement dû à des préoccupations différentes. Il y a aussi, déjà, un déséquilibre culturel qui fait que pour les uns le cours est inaccessible et qu'il est sans intérêt pour les autres. Après avoir réfléchi sur cet échec, il est amené à une répartition des auditeurs qui entérine un état de fait constaté mais non combattu. Il fera, à partir de 1747, des cours à trois niveaux. Un cours de prestige pour le public cultivé, un cours de haut niveau pour les architectes, un cours pratique pour la classe moyenne des contremaîtres " qui n'ont pas besoin d'un enseignement transcendant, mais auxquels de simples éléments ne suffiraient pas pour acquérir les connaissances qui leur sont nécessaires dans l'art de bâtir et qui, faute de principes, ne pourraient jamais faire de grands progrès dans leur profession ". Quant aux " ouvriers qui font profession des arts mécaniques ", ils ont besoin pratiquement " de l'exercice du dessin et de la pratique de l'équerre, de la règle et du

---

(1) DIDEROT (D.), d'ALEMBERT (J.) : " Encyclopédie " (1751-1780), op. cité (article art).

(2) BLONDEL (J.F.) : Discours sur la manière d'étudier l'architecture et les arts qui sont relatifs à celui de bastir (discours d'ouverture du deuxième cours public), PARIS, MARIETTE, 1747.

BLONDEL (J.F.) : Discours sur la nécessité de l'étude de l'architecture prononcé à l'ouverture du cinquième cours public donné par le sieur BLONDEL, Architecte, professeur et directeur de l'école des arts, rue de la Harpe, à Paris, PARIS, JOMBERT, 1754.

compas ". Ce qui restreint leur besoin d'enseignement à l'étude du graphisme professionnel élémentaire. BLONDEL, en posant comme objectif d'enseignement le " besoin " professionnel, s'enferme dans un cycle où la cause et l'effet se répondent et se restreignent mutuellement. A tâches restreintes objectifs limités et réciproquement.

Puisque l'apprenti et l'ouvrier apportent dans les écoles à temps partiel du XVIIIe siècle leur technicité et leur technologie. Leur " besoin d'enseignement" devrait porter sur les principes qui leur permettent de dominer la pratique. . Mais comment mettre la science à leur portée sans les détourner de leurs professions, s'interroge PHILIPON de la MADELAINE (1). Sa conclusion est la même que celle de BLONDEL ; il leur faut juste ce qui leur est utile pour être productif : de la géométrie pratique et de la copie de modèles. " Observez d'ailleurs que je ne veux pour le peuple que des routines et de la pratique, je bannis absolument la démonstration, à moins que la pratique ne lui soit absolument liée ", s'empresse d'ajouter PHILIPON.

Pourquoi précisément la géométrie pratique et le dessin académique sont-ils mis au premier plan de l'enseignement des écoles à temps partiel ? Il y a, comme l'a bien montré LÉON (2), l'influence, surtout après 1750, de l'empirisme et du sensualisme de LOCKE et de CONDILLAC et des écrits de ROUSSEAU qui font que le dessin peut être considéré comme ayant sa propre finalité formative. Le dessin développe le goût du beau, permet le maximum d'invention et fait participer aux choses divines, affirme QUATREMÈRE. D'autre part, la géométrie pratique, le trait et le graphisme professionnel répondent aux objectifs limités qu'on peut se fixer sans perturber l'ordre social. " Le bien de la société demande que les connaissances du peuple ne s'étendent pas plus loin que ses occupations. Tout homme qui voit au-delà de son triste métier ne s'en acquittera jamais avec courage et patience " (LA CHALOTAIS) (3).

En 1767, l'Académie française se faisant l'écho des préoccupations du moment, met au concours une dissertation " sur l'utilité des écoles gratuites de dessin ". Un certain PICARDET, DESCAMPS et BLONDEL répondent à la question. DESCAMPS obtient le premier prix. On peut rapprocher ses réflexions " sur l'utilité des écoles gratuites de des-

---

(1) PHILIPON de la MADELAINE (L.) : Vues patriotiques sur l'éducation du peuple, LYON, BRUYSET-PONTHUS, 1783.

(2) LÉON (A.) : Une forme typique de l'enseignement technique à la fin du XVIIIe siècle :Les écoles de dessin, op. cité, (1963), pp. 67-69.

(3) LÉON (A.) : LA CHALOTAIS (1768), cité par LÉON, La Révolution..., op. cité, p. 32.

sin en faveur des métiers " (1768) (1) de celles d'auteurs déjà cités comme BOSSE (1665), de MONTHELON (1748), de ROZOI (1769), de BACHELIER (1766-1789), PHILIPON de la MADELAINE (1783), QUATREMÈRE de QUINCY (1791), des auteurs de différents projets d'instruction publique comme LAVOISIER (1793) et d'autres que nous citerons d'après LEON (2).

D'une façon générale, il existe un consensus sur les objectifs de l'enseignement du dessin pour les professionnels dans les écoles à temps partiel, bien que certains soient sensibles à l'ambiguïté du terme et distinguent les objectifs du dessin académique qui développe le goût, la fécondité de l'imagination, la grâce, la souplesse, l'harmonie générale, des objectifs du graphisme professionnel qui fait apprendre les règles et permet de construire plus solidement. Le rôle du dessin comme moyen de communication est signalé par MONTHELON et PHILIPON. LAVOISIER (3), dans une définition qui sera souvent reprise au cours du XIXe siècle, justifie la priorité qu'il donne au dessin dans son plan d'enseignement en écrivant : " De même qu'il existe des connaissances qui doivent être communes à tous les hommes, à quelque profession qu'ils se destinent, de même il en existe qui doivent être communes à tous les artistes. Le dessin nous paraît devoir être rangé dans cette classe ; le dessin est un langage sensible qui parle aux yeux, qui donne de l'existence aux pensées, et sous ce point de vue, il exprime plus que la parole ; c'est un moyen de communication entre celui qui conçoit ou qui ordonne et celui qui exécute ; enfin, considéré comme langue, c'est un instrument propre à perfectionner les idées ; le dessin est donc la première étude de ceux qui se destinent aux arts ". LAVOISIER entend ici par " dessin " la géométrie graphique, la géométrie projective (qu'il appelle par ailleurs géométrie descriptive), la taille des pierres, la stéréotomie, l'art de la charpente et la perspective. Le dessin académique est mis à part et doit être enseigné par des maîtres de dessin, tandis que le dessin géométrique doit l'être par des professeurs.

De ROZOI, BACHELIER et DESCAMPS pensent que le dessin sera un facteur d'orientation vers les académies pour les talents supérieurs et vers les arts utiles pour les autres. De ROZOI, qui noie quelques re-

---

(1) DESCAMPS (J.B.) : Sur l'utilité des écoles gratuites de dessin en faveur des métiers, PARIS, REGNARD, 1768.

(2) Les écrits consultés de ces auteurs ont déjà été cités ou le seront dans les pages qui suivent.

(3) LAVOISIER (A.L. de) : Réflexions sur l'instruction publique présentées à la Convention Nationale par le bureau de Consultation des Arts et Métiers suivies d'un projet de décret, BROCHURE B.N. R 8373, 1793.

marques très pertinentes sous un flot de littérature larmoyante (1), voudrait faire " refluer vers les arts mécaniques la foule des ignorants qui rampe dans la poussière des collèges... cette révolution sera due autant aux facilités qui lui seront offertes qu'au moyen nouveau que des Patriotes ont trouvé (il pense à BACHELIER), d'intéresser l'orgueil même à adopter des états dont la vanité rougissait autrefois ; expérience frappante, honorable pour l'humanité,consolante pour les Maîtres ". Mais en contrepartie, DESCAMPS se fait l'écho des craintes que fait naître un gonflement excessif de la classe manufacturière au détriment des campagnes. Les écoles de dessin n'ont pas que des laudateurs quand elles ne constituent que des républiques de peintres (MERCIER) (2), ou qu'elles ne forment que des barbouilleurs orgueilleux (Cahier du Tiers de Paris, 1789). QUATREMÈRE de QUINCY, analysant sévèrement les défauts des écoles gratuites de dessin, trouve que ce sont des établissements parasites, des institutions bâtardes, séparées d'un tronc dont elles ne sont que les branches et que leur système de concours est puérile. Mais QUATREMERE vise l'orientation trop académique de certaines écoles qui croient travailler dans le génie " et ne cultivent que l'insuffisance de la nullité ".

Les contenus d'enseignement doivent être examinés avec circonspection. En effet, la plupart des auteurs que nous citons, qu'ils aient seulement écrit sur l'enseignement du dessin ou qu'ils aient mis leurs idées en pratique, s'intéressent aussi bien aux écoles à temps plein qu'aux écoles à temps réduit. Il serait erroné de penser qu'ils n'ont pas été sensibles au fait que le dessin seul, sans technologie, n'a pas de portée technique. L'enseignement des " principes " prend de plus en plus d'importance au fur et à mesure que ces principes se formalisent. Chez DAVILER (3) ou BLONDEL il s'agissait seulement de donner les règles de la construction rassemblées dans une sorte de cours de technologie. Cinquante ans plus tard, dans les projets de CONDORCET et surtout de LAVOISIER, le dessin est intimement associé à la mécanique et la physique des arts et métiers qui est " l'étude de l'emploi de la force vive, des principes de décomposition et de composition des machines, l'évaluation de leurs effets et tout ce qui est relatif aux arts considérés dans leurs rapports géométriques et mécaniques ". Mais pour les éco-

---

(1) ROZOI (B.F. de) : Essai philosophique sur l'établissement des écoles gratuites de dessin pour les arts mécaniques, op. cité, (1769).

(2) MERCIER (S.) : Tableaux de Paris, PARIS, AMSLERDAIN, tome X, 1788.

(3) DAVILER (A.C.) : Cours d'architecture, 2 tomes, op. cité, (1691).

les à temps partiel il est admis que la technologie est acquise par ailleurs et que l'enseignement peut se borner au graphisme professionnel sur la base de la géométrie, parfois qualifiée de " pratique " (BLONDEL, PHILIPON) ou de " graphique " (LAVOISIER).

L'unanimité est totale sur la méthode : c'est pour tous la copie de modèles dessinés ou en volume, rassemblés en collections, groupés en progressions " du simple au complexe " ; avec, parfois, le recours à ces collections publiques que constituent les édifices sacrés et les bâtiments d'habitation (BLONDEL) ou aux musées et aux collections privées . PHILIPON insiste particulièrement sur la copie de modèles par l'ouvrier. Elle doit prévaloir sur le discours. " Les professions auxquelles il est condamné travaillent presque toutes sur des modèles. Dans la boutique les modèles sont les guides de l'art. Au-dehors ils annoncent le mérite de l'ouvrier ". Seul QUATREMERE conteste : " Le modèle posé sur la table, c'est toute l'académie ", on pourrait aussi bien se passer des maîtres, ce ne sont que des surveillants. Il est vrai qu'après avoir dénoncé l'abus de la copie, il ne propose rien d'autre que l'étude des modèles naturels et d'après l'antique. Les justifications psychologiques de la méthode sont assez superficielles. En 1766, BACHELIER tient

le raisonnement suivant : les maîtres et les élèves, les pères et les fils viennent en foule dans mon école, donc ma méthode est bonne. Dix ans plus tard, il reprend la même démonstration en l'étayant par des références prises dans BACON, d'ALEMBERT, DIDEROT et la CHALOTAIS. Une hypothèse fondamentale, quant au fonctionnement de l'esprit, ressort cependant de tous ses écrits. L'esprit de l'enfant est une cire molle, une " table rase " (LAVOISIER) sur laquelle les sensations (voir, observer, imiter, toucher, construire) imprimeront progressivement leurs traces. L'influence des sensualistes paraît à travers des stéréotypes dont l'enseignement technique se repaît encore aujourd'hui : aller " du simple au complexe " (de MONTHELON), " du connu à l'inconnu " (LAVOISIER), " des éléments à la théorie " (BLONDEL). C'est BLONDEL encore qui prône l'induction baconienne (1). La même année (1791), BOURDON de la CROSNIÈRE et QUATREMÈRE émettent quelque doute sur ces postulats : " L'ordre dans lequel les différentes connaissances doivent être classées entre elles, la manière dont chacune doit être présentée à l'esprit... sont à peine connus par une théorie incertaine, écrit BOURDON ; ils ne seront que le résultat d'expériences et d'observations faites avec soin ". Et QUATREMÈRE refuse toute "théorie systématique ", il préfère attendre que " l'école mette le philosophe en état d'étudier cette partie de l'enseignement ".

Ces auteurs mettent la Nation constamment au-dessus de l'individu. La plupart voient dans le dessin le moyen de reconstituer ou d'argumenter le patrimoine technologique de la Nation amoindri par le départ des artisans de valeur lors de la révocation de l'Edit de Nantes (1685) (de ROZOI, DESCAMPS). " Nous estimons le dessin si nécessaire à tous les genres de talents que nous ne saurions trop en recommander l'exercice à tous nos ouvriers, dit BLONDEL (1754). Lui seul peut attirer quelque distinction dans leur profession et les guider dans la conduite de leurs travaux. Personne n'ignore que c'est depuis que cette étude est entrée pour quelque chose dans l'éducation des artistes que la France l'emporte sur les Nations voisines dans la pratique des arts de goûts ". La Nation à laquelle on pense n'est pas une entité insaisissable, c'est la nation bourgeoise et mercantile qui vit de la plus-value du travail. " C'est le dessin... qui fait donner la préférence à l'art d'une nation, qui centuple la valeur

---

(1) BLONDEL (J.F.) : Discours sur la nécessité..., op. cité, (1754), p. 15.

des matières premières ", c'est par le dessin que se forme " la main-d'oeuvre pour le commerce et l'industrie nationale " (BACHELIER, 1766).

L'individu lui-même est " enclassé " dans une hiérarchie des professions (glorieuses, honnêtes, basses ou déshonnêtes). Le peuple est pour PHILIPON "le dernier rang des citoyens, la classe de ces hommes à qui la nécessité impose la loi de se dévouer, pour vivre, à des travaux mercenaires, manuels et serviles ". Il est frappant de voir la différence de traitement et de considération chez nos auteurs entre les élèves des écoles à temps plein et ceux des écoles à temps partiel ; entre les enfants du peuple et les enfants bien nés. Le petit EMILE qui va " toutes les semaines une ou deux fois au moins " passer la journée chez un maître menuisier n'a rien de commun avec le jeune PUGET qui à dix ans sculpte des galères dix heures par jour au milieu d'une cohorte d'enfants de son âge dans le port de Marseille. Le " à quoi cela est-il bon ? " de ROUSSEAU donne, quand il s'applique au peuple, le concept de " l'utile ", à la nation, à la manufacture, à la classe dominante et tout n'est-il pas bien ainsi ? " Le pauvre n'a pas besoin d'éducation, celle de son état est forcée, il n'en saurait avoir d'autre " (1).

Ainsi, les cours de dessin sont admis, au XVIIIe siècle, du fait même de leur ambiguïté : à la fois techniques et artistiques, les deux domaines se rejoignent et semblent réaliser, sur un terrain neutre, la réconciliation des arts mécaniques et libéraux. Mais cette réconciliation est factice, car les écoles de dessin ne peuvent ni proposer un enseignement cohérent avec l'activité professionnelle, ni donner un enseignement de synthèse de bon niveau. La confusion est manifeste chez DESCAMPS qui espère que les élèves des cours de dessin " parviendront à simplifier, à perfectionner et inventer de nouvelles machines utiles pour nos manufactures ou pour l'exploitation de nos mines, de nos carrières et, en général, pour diminuer le temps et la dépense ", ceci parce qu'ils auront appris à construire "... des figures géométriques (qui) sont les formes employées partout (et que) l'ouvrier instruit dans ces écoles saura mieux tracer parce qu'il connaîtra les propriétés et les rapports ".

Il est évident que ces rudiments de géométrie ne conduisent guère à la création et que l'étude de la construction au sens d'un rassemblement de toute la réflexion technique et scientifique qui, de l'idée au produit, conduit à la création et dont le graphisme technique est

---

(1) ROUSSEAU (J.J.) : Emile ou de l'éducation, PARIS, GARNIER, coll. classiques GARNIER, 1957, p. 234.

l'émergence visible, est réservée aux élèves privilégiés des écoles à temps plein " polytechniques" où se donne la formation complète, théorique et pratique du constructeur de ponts, de bateaux, de fortifications, de bâtiments, en attendant celle du constructeur de machines et d'ensembles métalliques et non aux élèves des écoles à temps partiel.

Sans s'illusionner sur le rôle et le pouvoir des écoles de dessin à temps partiel au cours du XVIIIe siècle, on doit admettre qu'elles constituaient le seul recours pour l'apprenti ou l'artisan (car ces écoles recevaient autant d'adultes que de jeunes) qui voulait compléter sa formation en dehors du cadre strict de sa profession. C'est pourquoi les cahiers des états généraux de 1789 de plusieurs villes qui demandent que soient ouvertes des écoles gratuites de dessin ne peuvent être interprétés comme des demandes exorbitantes, mais plutôt comme l'expression d'un sentiment de frustration par rapport à la généralité des cas. Le recensement de BARAS (1), publié en 1793 mais prêt avant la Révolution, donne 27 écoles de dessin et de mathématiques pour l'ensemble des départements. Ce chiffre ne peut être pris qu'à titre indicatif avec une présomption d'erreur négative. En tout état de cause, ce sont les seules écoles civiles à vocation technique constituant un réseau aussi dense et, par conséquent, ayant un corps professoral aussi nombreux. Ce sont souvent des artistes peintres recrutés par cooptation ou pratiquant le mécénat. " Les maîtres seront heureux de recevoir des élèves dans leurs ateliers, pense DESCAMPS, et les grands artistes ne dédaigneront pas se charger d'instruire des hommes grossiers accoutumés à des routines qui sont autant de préjugés ". L'esprit de bienfaisance entre aussi en jeu. Les frères des Ecoles chrétiennes, qui se réclament de J.B. de la SALLE, ouvrent des écoles dominicales et des cours du soir qu'ils baptisent " cours SAINT-LUC ", ce qui montre bien qu'il s'agit d'apprendre le dessin sous toutes ses formes " tant en figure qu'en ornement, l'architecture civile et militaire, le plan terrien, le paysage, l'hydrographie et la gnomonique " (2). PHILIPON caresse le projet de mobiliser les ordres monastiques, eux " qui ne s'appliquent à rien ", en enseignant le dessin, auront quelque chose d'utile à faire.

Tous ces professeurs occasionnels des écoles et académies de dessin deviendront parfois des passionnés d'enseignement. BOSSE s'efforce de mettre de l'ordre dans ses exposés, BLONDEL dit sincèrement

---

(1) BARAS (M.A.) : De l'éducation publique dans la France libre, TOULOUSE, DECLASSAN, an I, (1793).

(2) RIGAULT (G.) : L'institut des frères des Ecoles chrétiennes, PARIS, GRASSET, 1938.

quels sont ses scrupules face aux ouvriers qui viennent l'écouter, de ROZOI veut que ceux qui savent se fassent un devoir d'enseigner, BACHELIER ouvre ses ateliers " à l'ouvrier seulement " et cherche une progression de modèles qui le satisfassent. LATOUR, de St.-Quentin, qui obtient ses lettres patentes pour ouvrir une école de dessin en 1782, fait tout lui-même et les prix qu'il distribue sont à ses frais (1). Sans aller jusqu'à remettre en cause la copie des modèles on essaie d'améliorer l'enseignement par la formation mutuelle (BLONDEL) et par la publication ou l'emploi de cours et de traités plus rationnels que ceux du siècle précédent. On fait commerce de modèles graphiés, de plâtres et de maquettes. Les meilleurs élèves des écoles et académies deviennent moniteurs et professeurs à leur tour comme à Montpellier... On comprend mieux qu'après la suppression des académies en 1793, l'existence de ces professeurs disponibles, aptes à donner un enseignement reconnu comme utile et somme toute peu coûteux, ait incité les fondateurs des Ecoles centrales, qui font suite à l'enseignement primaire dans le décret de 1795, à prévoir la nomination dans chaque école d'un professeur de dessin et d'un professeur d'arts et métiers ainsi que l'installation d'une collection de machines et modèles.

Les Ecoles centrales supprimées en 1802, professeurs et matériel seront reversés, à la demande générale, au bénéfice d'écoles de dessin resurgies, sur les mêmes bases idéologiques et avec les mêmes justifications que sous l'Ancien Régime. En 1800, DESTUTT de TRACY demande que soit atténué le caractère professionnel et égalitaire des Ecoles centrales. " Les écoles primaires et les apprentissages des différents métiers, voilà l'éducation de la classe ouvrière ; les Ecoles centrales et spéciales, voilà celle de la classe savante, et je ne conseillerai pas plus de donner celle-ci à un enfant destiné à être un artisan que de donner la première à celui qui doit devenir un homme d'état ou homme de lettres ". LEON, qui a remarquablement éclairé l'histoire de cette période, souligne que la liquidation des Ecoles centrales est la conséquence de la séparation des enseignements généraux et des enseignements techniques, elle-même solidaire de la séparation, toujours vivace, des classes sociales appelées à en bénéficier (2).

Ainsi, à la fin de l'Ancien Régime, l'artisan, victime d'une spoliation de ses compétences suivie d'une concentration capitaliste des moyens, se marginalise ou va grossir la masse des déchus qui subissent

---

(1) BARAS (M.A.) : De l'éducation publique dans la France libre, op. cité, (1793).

(2) LÉON (A.) : La Révolution..., op. cité, chapitre VI, pp. 187-218.

la dure loi des manufactures et des usines et, en l'absence d'une analyse critique des conditions de production manufacturière et de la société capitaliste, on se demande toujours ce qu'il faut faire pour améliorer son sort. On s'interroge " sur le contraste entre le luxe qui est le résultat du progrès et la misère qui s'accroît, mais sans comprendre que cette misère est due, elle aussi, au progrès " (1). Dans les livres des réformateurs du XVIIIe siècle, constate DOLLEANS, les critiques contre l'ordre social ont trait non à la condition d'ouvrier, mais à la condition rurale " (2). Cependant plus clairvoyants, conscients des effets désastreux de ce phénomène de prolétarisation, l'acceptent comme un mal nécessaire malgré l'hostilité grondante à l'égard " des mécaniques qui préjudicient considérablement le pauvre peuple " (cahiers du Tiers de Caen, 1789) et font de l'instruction un simple palliatif. " A mesure que les manufactures se perfectionnent, leurs opérations se divisent de plus en plus, ou tendent sans cesse à ne charger chaque individu que d'un travail purement mécanique et réduit à un petit nombre de mouvements simples, travail qu'il exécute mieux et plus promptement, mais par l'effet de la seule habitude, et dans lequel son esprit cesse, presque entièrement, d'agir. Ainsi le perfectionnement deviendrait, pour une partie de l'espèce humaine, une cause de stupidité... Si une instruction étendue n'offrait aux individus de cette même classe une ressource contre l'effet infaillible de la monotonie " (3). Cependant certains pensent qu'il faut éduquer le peuple techniquement, comme DELAFONTAINE (4) qui estime que " la société doit également une instruction publique relative aux diverses professions pour maintenir plus d'égalité entre ceux qui s'y livrent, pour rendre ces professions plus utiles en contribuant à la perfection des arts, pour diminuer les dangers où exposent quelques-unes de ces professions et les rendre moins insalubres, enfin pour accélérer leurs progrès en faisant disparaître cette foule de petits secrets dont la pratique de presque tous les arts est infectée ". Mais dans un tel système l'éducation technique seule, neutre ou neutralisée, même enrichie de principes et théorisée, n'a pas une potentialité suffisante pour modifier le cours des choses ; au contraire, elle le renforce en lui fournissant la classe moyenne des contremaîtres dont il a besoin. Pendant ce temps, écrit

---

(1) PONS (A.) : Présentation des planches de l'Encyclopédie, op. cité.

(2) LÉON (A.) : DOLLEANS cité par LÉON, in La Révolution..., op. cité, (1968), p. 25.

(3) LÉON (A.) : CONDORCET (1792) idem, op. cité, p. 123, (1968).

(4) LÉON (A.) : DELAFONTAINE (1791), cité par LÉON, in La Révolution..., op. cité, p. 110, (1968).

MUMFORD (1), la machine elle-même avec ses procédés terre à terre, son automatisme, son impersonnalité, sa dépendance des services spécialisés et des études compliquées de l'ingénieur, gagne de plus en plus sur le pouvoir de compréhension intellectuelle ou le contrôle politique de l'ouvrier ". Comme le souligne MUMFORD, les deux objectifs d'un enseignement révolutionnaire devraient être de donner aux ouvriers le pouvoir de compréhension et le pouvoir politique et pas seulement l'un ou l'autre.

Précisément, sous la Convention montagnarde, " les nécessités de la guerre et l'enthousiasme révolutionnaire rapprochent la science et la technique et font émerger une formule pédagogique nouvelle : la formation massive et accélérée, théorique et pratique, civique et professionnelle, de techniciens-éducateurs " (2). Les cours révolutionnaires de 1794 peuvent donc être considérés comme nés de la volonté de réaliser la synthèse des pouvoirs . Tentative éphémère, dont on retrouvera des résurgences entre 1830 et 1848 et dans les Universités populaires créées en 1884 et, confusément, dans les courants qui parcourent actuellement les établissements d'enseignement technique et les usines. Il est curieux de constater que les revendications des élèves de C.E.T., leur dénonciation de leur " aliénation par le système " sont combattues avec les mêmes arguments de " bon sens " qu'il y a deux siècles. " Cependant, tout esprit sensé est bien obligé d'admettre que le travail dans un atelier d'apprentissage... n'est en rien comparable aux activités d'un club... Du reste, quand on observe les élèves dans le cadre familier de leur atelier, on constate combien, par leur comportement déjà adulte, ils acceptent une nécessité qui tient aux conditions mêmes de la production industrielle et non pas à un régime politique ". D'où l'incitation débilitante à accepter " les nécessités d'un ordre et d'une discipline collectifs dans l'entreprise " (3).

---

(1) MUMFORD (L.) : Technique et civilisation, op. cité, (1950), p. 174.

(2) LÉON (A.) : La Révolution..., op. cité, (1968), p. 159.

(3) GIRIAT (H.) : Connaître les élèves des C.E.T., in Le cours industriel, 33e année, juin 1974, p. 259.

3 - LES SYSTEMES DE FORMATION JUSQU'EN 1795

A - L'APPRENTISSAGE EN SITUATION

Une structure de formation très ancienne, et qui s'est conservée jusqu'à nos jours malgré les vicissitudes politiques et sociales, est celle de l'apprentissage en situation chez l'artisan. Si les différences entre l'apprentissage artisanal tel qu'il se pratique actuellement et la longue période antérieure sont nombreuses, elles ne modifient pas fondamentalement les conditions de formation de l'apprenti menuisier candidat au brevet de compagnon de 1974 par rapport à l'aspirant du Moyen Age, puisqu'elles reposent toujours sur la qualité du maître et son aptitude à transmettre son savoir. Nous avons eu plusieurs années de suite des apprentis menuisiers en cours du jour (régime alsacien et lorrain), les livrets que les apprentis nous donnaient à contresigner faisaient état de leur activité hebdomadaire ; on y trouvait, au gré des circonstances, la pose de parquets (parfois pendant des mois), la pose d'huisseries, de moulures, d'escaliers. Ces travaux étaient décrits par l'apprenti avec le vocabulaire acquis sur le chantier, souvent avec des termes de métiers en dialecte, et illustrés de petits dessins recopiés tant bien que mal. A l'atelier l'apprenti faisait du rangement, des courses, de l'affûtage, des travaux de réparations. Cet apprentissage, s'il correspondait assez peu à " la formation professionnelle méthodique et complète " stimulée par la loi ASTIER, ne devait pas être très éloigné de ce qui se passait chez le maître-charpentier ou hucher (" oeuvrant du tranchant en merrien ") du XIIIe siècle, si l'on se réfère au livre des métiers d'Etienne BOILEAU, Prévôt de Paris (1), que l'on considère comme la première source spécifique sur la question de l'apprentissage.

A cette époque, l'apprentissage est généralement très long, jusqu'à 12 années, il est vrai que l'apprenti vient chez le maître très jeune. Le livre des métiers fait ressortir des différences inexplicables d'un métier à l'autre dans les conditions d'admission comme apprenti, le prix à payer et les durées : quelques statuts font allusion à un contrôle de fin d'apprentissage par une comparution devant les jurés de la communauté et des prud'hommes. Il s'agit surtout d'attester du temps d'apprentissage en présentant une preuve tangible, un bâton marqué d'encoches par exemple. Un examen semble prévu quand l'apprenti désire sor-

---

(1) BOILEAU (E.) : Le livre des métiers, présenté par R. de LESPINASSE et F. BONNARDOT, PARIS, Imp. Nale, 1884. Le livre des métiers peut être daté de 1260 environ.

tir de l'apprentissage avant la fin légale de son temps. Un seul statut fait état d'un chef-d'oeuvre en bonne et due forme, c'est celui des chapuiseurs (ouvrier taillant et formant le bois destiné à la fabrication des selles) qui dit " si l'apprenti sait faire un chef-d'oeuvre (chief-d'oevre) tout seul, son maître peut prendre un autre apprenti pour la raison de ce que quand un apprenti sait faire son chef-d'oeuvre il est raison qu'il se tienne au métier et soit en l'ouvroir et est raison qu'il l'honore plus que celui qui ne sait pas faire " (titre LXXIX page 216). Le chef-d'oeuvre est examiné par un jury composé de maître de la communauté et de quelques jurés, s'il est accepté, l'apprenti devient ouvrier ou valet. Jusqu'au XIVe siècle, à moins de clause de nombre, il n'y a pas de barrage entre le valet et le maître ; l'ouvrier pouvant, moyennant finance, s'acheter une charge de maître. Il est à remarquer qu'il n'est fait aucune allusion dans les statuts recueillis par Etienne BOILEAU à un contenu d'enseignement. Au fil du temps, les droits et les devoirs du maître se précisent un peu sans jamais être très détaillés. L'ordonnance de 1454 (1), réglant le statut de la maîtrise, stipule dans son article 8 " et quand aucun apprenti aura achevé son terme, si son maître le trouve suffisant ouvrier, il le rapportera aux jurés qui le visiteront et sauront s'il est ouvrier suffisant et expert pour être passé maître audit métier et après qu'ils l'auront diligemment visité et expérimenté et trouvé suffisant et expert ouvrier, ils le rapporteront et par nous sera passé maître audit métier ". On s'inquiète aussi des aptitudes du maître à diriger une éducation complète : obligation est faite aux maîtres et jurés de s'assurer que l'enfant sera bien traité et recevra une instruction professionnelle sérieuse. Ils doivent s'informer du caractère du maître, savoir qu'il est honnête homme afin que " nul ne puisse prendre apprenti que s'il est sage et riche et qu'il puisse apprendre et gouverner " (2).

A partir du XIVe siècle, les allusions à la nécessité du chef-d'oeuvre pour conclure l'apprentissage et avoir le droit de postuler pour être maître et pouvoir prendre soi-même un apprenti se multiplient. Les armuriers, les serruriers, les selliers, inscrivent successivement l'obligation du chef-d'oeuvre dans leurs statuts. A la même époque, probablement dans un but protectionniste, le fossé se creuse entre le maître et le valet auquel il est fait obligation de subir un stage de plusieurs années (le compagnonnage) entre la fin de son apprentissage et son accession à la maîtrise, d'où un examen de fin d'appren-

---

(1) LESPINASSE (R. de) : Les métiers et corporations de la ville de Paris, PARIS, IMP. Nale, 3 tomes, 1892.

(2) MARTIN SAINT-LÉON (E.) : Histoire des corporations de métiers depuis leurs origines jusqu'à leur suppression en 1791, PARIS, ALCAN, 1909.

tissage et un autre, avec chef-d'oeuvre, pour la maîtrise. Quelques contrats d'apprentissage écrits sont signés, on y trouve des clauses bizarres ou originales comme ce contrat qui indique que le contrôle des connaissances de l'apprenti sera fait périodiquement par l'exécution de " pièces témoins " (1).

Les lettres patentes des XVe et XVIe siècles sont une source de renseignements sur les activités permises et surtout interdites dans les " métiers jurés " : défense aux tourneurs d'empiéter sur l'art du charron, défense aux menuisiers de faire ni roues ni brancards (alors qu'ils peuvent faire un essieu s'ils s'en sentent capables), etc... Les règlements des conditions d'accès à la maîtrise nous apportent quelques précisions sur ce que devait savoir un aspirant : les faiseurs de nez(nefs) (charpentiers de marine) sont interrogés sur les proportions (2), les charpentiers de grande cognée, en plus du chef-d'oeuvre, doivent faire un " dessin au trait ".

La lettre patente de Louis XIV du 11 août 1649 précise dans ses articles :

" Art. 13 : Tout aspirant à la maîtrise devra travailler six mois chez les jurés et l'un des anciens, avec salaire.

" Art. 14 : Il sera fait un rapport sur la manière dont il aura travaillé.

" Art. 15 : L'aspirant devra faire devant les jurés un trait géométrique sur un carton.

" Art. 16 : Les cartons contenant les traits géométriques seront conservés par le syndic.

" Art. 21 : Le trait géométrique, chef-d'oeuvre, tous droits et serment seront exigés des fils de maîtres comme des autres.

" Art. 23 : Brevet et certificat de six ans d'apprentissage à fournir ".

Quelques lettres patentes ou édits font état d'interrogation des compagnons sur l'art du métier " pour connaître leur suffisance et capacité " (3).

L'une des dernières lettres patentes avant la Révolution, datée du 20 mai 1782, stipule dans son article 16 que les aspirants maçons et charpentiers " subiront trois heures d'examen sur une question d'art et de trait géométrique en présence des syndics et adjoints, de trois députés et de deux experts ".

---

(1) QUEF (P.) : Histoire de l'apprentissage, op. cité, p. 64.

(2) VINTRAS (A.), BANSE (J.) : Le corporatisme ancien de construction navale en France, op. cité.

(3) Edit de HENRI II de décembre 1581, article 19. Cité par LESPINASSE, Les métiers de Paris, tome I, op. cité, p. 91.

Aussi rudimentaire que soit le savoir théorique ainsi acquis et aussi particularisées que soient les connaissances pratiques, il importe de souligner que la structure socio-professionnelle que nous venons d'évoquer mettait en contact direct, constant et prolongé celui qui savait (le maître ou le valet) et celui qui apprenait (l'apprenti), avec obligation pour celui qui savait de communiquer son savoir à celui qui apprenait. Ceci était caractéristique de l'artisanat des villes affilié à une communauté de métier ou une jurande (l'appellation " corporation " n'est pas d'époque). La communauté, qui avait la personnalité juridique, exerçait un contrôle sévère et contraignant, mais assurait aussi à l'apprenti la protection légale, la défense de ses droits et la reconnaissance de ses capacités.

Nous avons tout lieu de croire qu'il en allait autrement sur les grands chantiers et, plus tard, dans les manufactures où travaillaient des cohortes de tâcherons et de manoeuvres occasionnels. Là, nulle obligation réciproque ne lie le " parlier " à ses ouvriers, ni les maîtres à leurs aides.

Il est remarquable que le livre des métiers, s il contient les statuts de nombreux petits métiers artisanaux, admet pour les deux grandes professions du bâtiment : les charpentiers et les maçons, une procédure curieuse. Au titre XLVII, sous le vocable " charpentiers ", on trouve non pas un statut mais une déposition de Maître FOULQUES du TEMPLE, charpentier du Roi, qui déclare exercer la justice sur tous les ouvriers de la profession. Maître FOULQUES parle des huissiers, des huchiers et des charrons, mais il ne dit rien des charpentiers. De même pour les maçons, tailleurs de pierres, plâtriers et mortelliers (titre XLVIII), c est le Maître-maçon du Roi, Guillaume de SAINT-PATU qui dépose pour eux sans beaucoup entrer dans le détail des professions de sa juridiction. Cependant, le registre de la taille donne pour la ville de Paris 98 charpentiers, 104 maçons, 36 plâtriers, 8 mortelliers (faiseurs de mortier), 12 tailleurs de pierres, 29 huchiers, 16 charronniers de néa (nefs), 5 cochetiers. Ces chiffres, modestes par rapport à ceux des métiers de production et de commercialisation des biens de la consommation courante : habillement, chandelle, nourriture..., nous laissent penser que les métiers du bâtiment connaissent une double structure : celle de l'artisanat sédentaire, trop faible pour constituer une grande communauté, et celle des itinérants " ouvriers forains ", non intégrés à une communauté, sans protection, sans formation reconnue, et qui vont de chantier en chantier louer leurs services à la tâche, à la journée ou la semaine.

C'est à l'ombre des cathédrales qu'ils se retrouvent par milliers et prennent conscience de leur vulnérabilité, mais aussi de leur pouvoir s'ils sont solidaires. Ainsi se constituent les associations de compagnons connues sous des noms très divers : confréries, collèges, guildes, coteries, ligues, loges de francs-maçons, dont on trouve la trace aux XIIe et XIIIe siècles (1276, Bauhütte des Freimaurer de Strasbourg, fondée par les compagnons accourus de toute l'Europe pour construire la cathédrale). Les associations de compagnons, surtout constituées par des charpentiers, des maçons et des serruriers, se multiplient aux siècles suivants et gagnent les villes où diverses confréries de valets qui n'ont pu passer maîtres se constituent et vont jouer un rôle important dans l'histoire municipale des grandes cités.

L'ordonnance abrogative des confréries de 1382 montre la crainte que commencent à inspirer les associations d'ouvriers. Un arrêté du Parlement du 13 juillet 1501 interdit toute assemblée de maçons et charpentiers " sous prétexte de confrérie, messe, service divin ou culte de couleurs ".

Constamment, les législateurs rappellent l'illégalité de ces associations (1) qui, " sous ombre de confrérie " font convocation, s'assemblent, fomentent des grèves, jettent des interdits et s'opposent aux structures corporatives en entretenant une sourde lutte de classe (2) qui débouchera, au XIXe siècle, sur les premiers syndicats ouvriers. Au XIIe siècle, il s'agit surtout de suppléer à l'absence de cadre juridique convenable. Les jeunes, assimilables à des apprentis, sont appelés aspirants, puis viennent les compagnons et les anciens. Il n'y a pas de

---

(1) " Faisons défense à tous compagnons et ouvriers de s'assembler en corps sous prétexte de confrérie ou autrement, de cabaler entre eux pour se placer les uns les autres chez des maîtres ou pour en sortir, ni d'empêcher de quelque manière que ce soit, lesdits maîtres de choisir eux-mêmes leurs ouvriers, ou français ou étrangers, sous pareille peine de cent livres contre lesdits compagnons et ouvriers ". Lettre patente du 2 janvier 1749.

(2) BOISGILLEBERT, cité par FOHLEN (C.) et BEDARRIDA (F.) dans leur Histoire générale du travail (PARIS, N.L.F., 1964), écrivait au XVIIe siècle : " il y a un esprit de rébellion si bien établi que l'on voit dans les villes de commerce, de 700 à 800 ouvriers d'une seule manufacture s'absenter tout à coup et en un moment, en quittant les ouvrages imparfaits, parce qu'on leur voulait diminuer d'un sou leur journée... Les plus mutins usant de violence envers ceux qui auraient pu être raisonnables. Il y a même des statuts parmi eux, dont quelques-uns sont par écrit, et qu'ils se remettent de main en main, par lesquels il est porté que si l'un d'eux entreprend de diminuer le prix ordinaire il doit aussitôt interdire de faire le métier ".

maître dans ce que nous appellerons du terme générique le compagnonnage. Sur le terrain se trouve le " rouleur " qui assure le placement des affiliés en s'efforçant de donner le monopole du chantier à la confrérie dont il est le représentant. Les compagnons d'un même Devoir logent à la même enseigne. Autour de la table d'hôte et dans les chambres, on se communique les secrets du métier, on commente les nouvelles apportées par les arrivants. Pour se faire reconnaître, ceux-ci ont dû répondre à un interrogatoire dialogué et échanger les signes de reconnaissance. C'est de la communauté compagnonnique que dépend la bonne ou la mauvaise représentation du Devoir, aussi se montre-t-on strict sur le respect de la morale sociale et professionnelle. A la suite des interdits, un voile de mystère s'étendra sur le compagnonnage, mais l'intérêt qu'il soulèvera au XIXe siècle entraînera des recherches et permettra d'en restituer les traits les plus marquants (1).

Les renseignements dont nous disposons portent sur une période tardive du compagnonnage, mais on peut admettre, étant donné la solidité de l'institution, qu'ils sont dans le prolongement de ce qui existait entre le XIIe et le XVIIIe siècle.

Du point de vue strictement professionnel, les Devoirs sont des sociétés de formation et d'assurance mutuelle. Selon MARTIN SAINT-LEON (2), la formation professionnelle donnée par le compagnonnage est à deux degrés : une formation primaire et une formation supérieure.

La formation primaire est donnée aux aspirants, soit collectivement par un compagnon spécialement investi de cette tâche, soit individuellement sur le chantier par un ancien à qui est confié le soin d'initier l'apprenti suivant ses possibilités (3). Dans la majorité des cas, l'aspirant ne sait ni lire ni écrire, l'enseignement est donc essentiellement oral et " monstratif " pour les pratiques courantes, à cela s'ajoutent quelques tracés valables pour le bois et la pierre qui ont

---

(1) Cf. George SAND dans son " Compagnon du Tour de France ", Victor HUGO, E. SUE, etc...

(2) MARTIN SAINT-LÉON (E.) : Le compagnonnage, son histoire, ses coutumes, ses règlements, ses rites, PARIS, COLLIN, 1901.

(3) " Un aspirant travaille sur un chantier à côté d'un compagnon ; ce dernier le surveille ; il lui montre en quoi et pourquoi son ouvrage est défectueux ; il lui apprend à mieux faire... Le compagnon qui s'est ainsi institué le tuteur d'un apprenti ne se borne pas à lui enseigner le métier. Il veille sur ses fréquentations ; il contrôle l'emploi de ses heures de liberté ; il a sur lui tout l'ascendant d'un aîné, presque l'autorité d'un père et il ne tolère aucune incartade ". (MARTIN SAINT-LÉON, Le compagnonnage,..., op. cité, p. 244).

l'avantage de ne pas nécessiter de connaissances théoriques préalables autres qu'une géométrie élémentaire à base de construction à la règle et au compas. Nous avons présenté des exemples de ces constructions algorithmiques dans la première partie (pp. 36 à 44). Quand, après un passage sur plusieurs chantiers ou dans divers ateliers, l'aspirant a rassemblé un nombre suffisant de recettes, il est à même d'être reçu compagnon. Etymologiquement, le " compasgnon " c'est avant tout celui qui sait se servir du compas et qui sait mesurer ; mais c'est aussi celui qui rompt le pain avec ses frères du Devoir et qui, " ayant été reçu compagnon est habilité à recevoir l'influence spirituelle transmise par l'initiation et le rite et, par conséquent, à " oeuvrer ", c'est aussi celui qui est passé de la vision opaque à la vision lumineuse " (1). L'initiation est donc double, technique et sociale, et les compagnons tirent leur force des deux. Ce n'est pas parce qu'ils sont de bons techniciens, mais parce qu'ils constituent une force de contestation puissante et cohérente qu'ils seront, si souvent, cloués au pilori (2).

La formation supérieure est généralement donnée en dehors du chantier, dans les chambrées ou au lieu de réunion habituel d'un Devoir : la " cayenne ". Elle est reservée aux compagnons et a pour but de perfectionner leur instruction professionnelle et aussi de former des artisans hors ligne, les compagnons finis qui peuvent coopérer à la confection du chef-d'oeuvre. Ce chef-d'oeuvre a ici une signification particulière. Il n'est pas l'oeuvre d'un individu postulant à la maîtrise, mais le produit du travail de la communauté qui se mesure à une communauté concurrente sous l'autorité d'un jury d'honneur composé d'anciens ou de " premiers en ville " des deux communautés. L'art du trait est enseigné dans les cayennes par des anciens bénévoles qui prendront, à la fin du XVIIe siècle, le nom de professeurs de trait. Nicolas FOURNEAU " Maître-charpentier à Rouen, ci-devant conducteur de charpente ", était démonstrateur de trait à Paris (3), dans la cayenne d'une communauté compagnonnique non déterminée. Nous avons retrouvé (cf. première partie, page 43) le cahier d'un élève de FOURNEAU, il s'agit d'une copie minutieuse, mais servile des traits du Maître.

---

(1) THIERRY (R.) : Les hommes de la belle ouvrage, dossier sur le compagnonnage, Télévision belge, s.d.

(2) En 1745, le Parlement d'Angers condamne les compagnons charpentiers à être attachés au carcan du pilori de ladite ville un jour de marché pendant le temps et espace d'une heure avec des écriteaux devant et derrière, portant ces mots : Compagnons du Devoir et perturbateurs du repos public ", cité par R. LECOME, in Archives historiques du compagnonnage (1956).

(3) FOURNEAU (N.) : L'art du trait de charpenterie, op. cité, (1767).

Bien que postérieur à 1795, le récit autobiographique d'Agricole PERDIGUIER (1) synthétise ce que nous venons de dire de ses prédécesseurs lointains. Né en 1805, PERDIGUIER est mis à 13 ans en apprentissage chez un menuisier où il n'apprend pas grand'chose, il le quitte, entraîné par un compagnon du Devoir de liberté et se fait embaucher chez un " ancien " qui s'est établi à son compte. Le rouleur le présente à LANGUEDOC LA DOUCEUR, alors premier compagnon, qui le prend en tutelle. " Je fis des armoires en noyer, avec traverses rampantes aux portes, moulures poussées à la main ; et étoiles, coeurs et autres ornements sculptés sur les grandes traverses du haut en bas. J'étais aux pièces... Il y avait là un compagnon qui " démontrait " tous les soirs après la journée, et pour une faible rétribution mensuelle, le dessin linéaire à ses confrères : c'était LYONNAIS L'AMI DU TRAIT. Je voulus profiter d'une si bonne occasion. Je me fis une tablette, des équerres. Mon père m'acheta de l'encre de Chine, des couleurs, des pinceaux, un crayon, un compas ".

" Je dessinai des profils de moulures, les cinq ordres d'architecture. J'avais de la facilité, du goût, de la passion ; je voulais m'instruire ; je faisais de mon temps le meilleur emploi ". Ces rudiments permettent déjà au jeune AGRICOLE de se distinguer chez l'un de ses employeurs. Travaillant sur le chantier à l'agencement d'une boutique, le patron demande de couronner les étagères par une moulure : AGRICOLE prend un papier et compose un profil de moulure avant de commencer son travail. Cette pratique peu courante suscite la surprise et l'envie du patron qu'on surprend le soir en train de recopier maladroitement le profil dessiné par son ouvrier.

Poursuivant son tour de France, PERDIGUIER dit AVIGNONNAIS LA VERTU loge à Marseille chez Monsieur PROTALES. " Il avait fait son tour de France, son tour d'Italie, séjourné à Rome, et était très savant dans l'architecture : rien de plus parfait que son lavis, ses ombres, ses chapiteaux corinthiens et composites. Aussi les compagnons l'avaient-ils surnommé LANGUEDOC-LE-CHAPITEAU. Il était l'auteur d'une chanson sur les cinq ordres d'architecture, médiocre comme poésie, très curieuse pour ses détails techniques ".

" Ceux qui couchaient chez Monsieur PORTALES payaient, en prenant un lit à deux dans une chambrée, cinq francs chacun par mois s'ils ne dessinaient pas, six francs s'ils dessinaient. Le mois de dessin ne coûtait donc qu'un franc : presque rien. Mais, il faut le dire,

---

(1) PERDIGUIER (A.) : Mémoires d'un compagnon, MOULINS, CAHIERS DU CENTRE, 1914, (1ère édition GENEVE, 1854).

Monsieur PORTALES vieillissait, son enthousiasme de professeur s'en allait et, en dépit de ses talents et de ses formes agréables, il n'avait point de pièce pour y rassembler ses élèves. L'élève n'était pas démontré. Le maître se bornait à prêter ses feuilles, qui servaient de modèles, et chacun en tirait ce qu'il pouvait. Comme les autres jeunes gens, je dessinais, et ma classe était la chambre sombre où nous couchions à quatre, de deux en deux : le lit me servait de table ".

" Je fis six feuilles de cette incommode manière, sans jamais voir le maître, feuilles que j'ai conservées dans mon carton. Elles sont assez bien sous le rapport des lignes, mais beaucoup trop chargées en couleur : c'est là un défaut commun à presque tous les ouvriers ; je le signale en passant ".

" Monsieur PORTALES nous prenait peu d'argent, mais aussi il nous donnait peu en retour ; ce bon marché n'était pas à notre avantage ".

Fidèle à l'idéal compagnonnique qui n'avait pas encore perdu toute dimension politique à cette époque, PERDIGUIER milite à gauche, il croit voir dans la révolution de 1848 une révolution " ouvrière " ; élu représentant du peuple, il est arrêté en 1851, puis exilé. Il rentre à Paris en 1856.

Fixé dans le Faubourg Saint-Antoine, PERDIGUIER tient une sorte de garni où logent les compagnons voyageurs et auxquels il enseigne, à son tour, le trait. Dans son autobiographie il se dépeint comme un professeur, parle de sa classe, de ses élèves, mais il prend soin de préciser que son enseignement a toujours été en relation avec les travaux à l'atelier. Son " livre du Compagnon ", rassemblement de différents écrits, comprend un précis de trait (géométrie et dessin linéaire), présenté sous forme de dialogues, ce qui restitue d'une façon très vivante les caractères de l'apprentissage, qu'il soit corporatif ou compagnonnique, jusqu'en 1800.

Dans l'apprentissage en situation, le maître ou l'ancien s'adresse oralement, en privé, à un petit nombre d'auditeurs : apprentis, aspirants ou compagnons en vue de transmettre un savoir adapté à la résolution de certains problèmes professionnels pratiques et intégrant chaque fois le graphisme nécessaire à cela et à ce moment. Les ouvrages utilisés sont surtout des recueils de modèles dont nous avons cité plusieurs exemples. Les traités ne semblent pas avoir eu une grande influence sur la forme et le contenu de cet enseignement. Toutefois, parallèlement, dans certaines écoles professionnelles comme les écoles d'apprentis , conjointement dans ce que QUATREMÈRE de QUINCY nomme les " écoles partiel-

les " , ou concurremment (dans les académies) , les " écoles " offrent à une minorité, à partir de la fin du XVIIe siècle, des structures d'accueil à différents niveaux qui se distinguent de la formation traditionnelle, centrée sur l'activité professionnelle, et qui peuvent être considérées comme les amorces génétiques des formations publiques à temps partiel ou à plein temps, progressivement mises en place après 1800.

B - LA FORMATION DANS LES ECOLES A TEMPS PLEIN

En vertu du partage entre les arts libéraux et arts mécaniques, les bases de la formation d'un concepteur, architecte ou ingénieur, ne sont pas les mêmes que celles d'un exécutant et dès l'Antiquité, c'est dans les Académies, Cenacles, Ateliers, Ecoles, qu'il s'est formé au contact d'un Maître, plus comme un disciple que comme un apprenti. La plupart des grands architectes des XVIIe et XVIIIe siècles ont le même profil de formation. Entrés très jeunes chez un artiste connu, ils copient inlassablement des modèles, participent anonymement à l'achèvement des études, exécutent ces innombrables exercices d'école : projet de façade, projet de mausolée, projet de plafond, projet d'arc de triomphe, etc..., que les musées conservent en les rapportant à des écoles : Ecoles italiennes et lombardes (XVe et XVIe siècles) ou à des Ateliers : LE VAU, ANDROUET DU CERCEAU, SALOMON DE BROSSE, LEBRUN. Le Cabinet des dessins du Louvre distribue les dessins d'architecture en trois groupes (1) : le premier est constitué par les croquis d'étude, le second par des dessins plus précis en vue d'un projet tracé à la règle et avec échelle, à ce second groupe peuvent se rattacher les études analytiques (plans, élévations, coupes, profils); ce sont généralement des oeuvres collectives des élèves et dessinateurs en titre du Maître, comme le montrent les écritures diverses sur certains dessins (annotations de François D'OBRAY sur les dessins attribués à LE VAU). Fig.23
La troisième catégorie de dessins est constituée par les dessins d'imagination, véritables exercices d'école, prétexte à des recherches de perspective, de décoration, de scénographie (escaliers, colonnades). Au bout d'une dizaine d'années, l'élève quitte l'atelier emportant son carton et ses albums d'études et de modèles.

C'est ainsi que le jeune DELORME, né à Lyon, vers 1515 part pour l'Italie à 13 ans. Là il trouve un protecteur en la personne de Marcel SERNIN, le futur pape MARCEL III, il étudie l'architecture antique chez

---

(1) MONNIER (G.) : Introduction au catalogue de la 49ème exposition du Cabinet des dessins (dessins d'architecture du XV au XIXe siècle), Musée du LOUVRE, 1972.

divers maîtres et rentre à Lyon en 1536, où on lui confie d'emblée des travaux d'architecture. Nommé, par influence, à la charge de contrôleur militaire (ses capacités devaient être bien minces), il s'occupe surtout de réfection d'abbayes. Remarqué pour ses constructions de voûtes et de trompes, il est appelé à Paris, où il travaille aux châteaux de Fontainebleau, de Meudon, d'Anet, et trace les plans du palais des Tuileries. Même périple pour LEBRUN (1619-1690) qui, d'abord placé dans l'école du peintre Simon VOUET à Paris part, avec la protection du chancelier SEGUIER, à Rome, où il passe six ans dans l'atelier de POUSSIN. Il revient à Paris et est nommé premier peintre du Roi avec la direction de tous les ouvrages de peinture, de sculpture et d'ornement qui se faisaient dans les bâtiments de la couronne.

Certaines carrières, qui sont exceptions, sont moins classiques et conjuguent les arts mécaniques et les arts libéraux : Jean MAROT, LEPAUTRE père et fils, apprirent le métier de menuisier avant de se consacrer à l'architecture, MANSARD celui de charpentier avec son père avant d'entrer dans l'atelier de G. GAUTHIER, architecte du Roi. On a même pu s'interroger sur le titre à donner à certains hommes de l'art comme Pierre PUGET (1620-1694) (1 et 2) qui, placé vers huit ans en apprentissage chez un maître sculpteur de galère de Marseille, sa ville natale, part en Italie à 16 ou 17 ans, étudie la peinture et sculpture dans l'atelier de Pierre de CORTONE, et revient à Marseille où il s'occupe d'architecture. Nommé directeur de la décoration des navires à Toulon, il impose ces poupes colossales caractéristiques des navires de l'époque. Il dessine aussi les plans des fortifications et bâtiments du nouveau port de Toulon.

Le cursus d'un ingénieur n'est guère différent de celui d'un architecte. Comme pour être architecte, les jeunes gens qui veulent devenir ingénieurs doivent faire leur " noviciat " près d'un maître (3). Le terme même de noviciat qu'emploie VAUBAN dans son ouvrage intitulé " Le directeur général des fortifications " (1725) montre bien qu'il s'agit d'une formation différente, dans l'esprit, de celle de l'apprentissage. La distinction entre apprenti et disciple est donc fondée, même si la base de la formation, comme dans l'apprentissage artisanal, reste l'étude de cas types et la copie de modèles.

---

(1) LAGRANGE (L.) : Pierre PUGET, PARIS, DIDIER, 1868.

(2) DUCROS (J.) : Pierre PUGET, Sculpteur du Roi à l'Arsenal de Toulon, artiste ou ingénieur ?, in Revue historique des Armées, 1974, n° 1, pp. 45-68.

(3) AUGOYAT (A.M.) : Aperçu historique sur les fortifications, les ingénieurs et sur le corps du génie en France, PARIS, TENERA, 2 tomes, 1858.

Entre 1600 et 1800, trois périodes peuvent être distinguées dans la création des écoles à vocation technique ayant mission de former des concepteurs dans des professions où le dessin académique et le graphisme professionnel dominent.

La première période est celle de la gestation. La formation est une formation par contact de maître à disciple comme dans l'architecture civile ou militaire. Les quelques individualités brillantes qui émergent suffisent pour assurer la relève du maître. Cette période dure jusqu'au début de XVIIe siècle.

La seconde période, de transition, est marquée par un accroissement des effectifs des concepteurs. Par exemple, AUGOYAT recense 132 ingénieurs architectes militaires en 1683, 285 en 1733 et 315 en 1738. On rassemble alors les aspirants dans les bureaux (comme ceux du génie militaire et du service des fortifications) qui prennent parfois le nom d'école, petite école ou institution.

La troisième période est celle de l'institutionnalisation. Sous la pression de contraintes de nécessité plutôt que doctrinales, programmes, examens, corps professoral, se mettent en place.

Parmi les activités qui font une part importante au graphisme technique, on peut retenir, d'après la date de fondation des écoles, l'architecture civile des bâtiments (1747), l'architecture navale (1741), le génie civile (ponts et chaussées) (1747), le génie militaire (1748).

D'autres écoles, parfois décrites comme écoles donnant un enseignement technique, font une moindre place au dessin ou sont à vocation particulière et limitée dans leurs effets comme l'Ecole de dessin des Gobelins, fondée en 1667, et recevant 60 enfants entretenus placés dans le séminaire du directeur de la manufacture et éduqués par un maître-peintre, ou l'Ecole royale des élèves protégés qui est ouverte, en 1748, pour contrebalancer l'influence de l'Académie de Rome.

L'Ecole royale des élèves protégés est une sorte de pension pour une dizaine de jeunes sujets, remarqués dans les académies pour leur talent, auxquels peuvent se joindre des auditeurs libres. D'après COURAJOD (1), cette école était essentiellement " l'Ecole des modèles ", tout à fait dans la ligne de la tradition académique ; elle ne s'en écartera pas et deviendra, en 1795, l'Ecole des beaux-arts à la suite de la réunion des écoles académiques.

---

(1) COURAJOD (L.) : L'Ecole royale des élèves protégés, PARIS, DUMOULIN, 1874.

L'Ecole des Arts de Jacques François BLONDEL

J.F. BLONDEL n'a pas de lien de parenté avec François BLONDEL, fondateur de l'Académie d'architecture, dont nous parlerons par la suite, mais il est le neveu et a été l'élève d'un autre J.F. BLONDEL, académicien lui aussi. Venu de Rouen à Paris, J.F. BLONDEL ouvre un cabinet d'architecte en 1729. Il est reçu à l'Académie en 1755 et meurt en 1774. Travailleur infatigable et architecte de talent, il publiera un " cours d'architecture française " en six volumes (le grand BLONDEL) encore consulté aujourd'hui. BLONDEL fut un pédagogue remarquable par l'originalité de ses vues et la valeur de son enseignement. Il enseigna dans sa propre école à partir de 1747 et à l'Académie d'architecture à partir de 1762. En 1729, comme tous ses confrères, BLONDEL emploie un certain nombre de jeunes gens dans son atelier. Il est frappé par le fait que ceux qui veulent se former perdent beaucoup de temps à se rendre d'un lieu à un autre pour suivre des leçons sur des sujets sans liaison entre eux et sans relation avec les travaux qui se font chez le maître. BLONDEL pense que les résultats seraient meilleurs, si les professeurs s'associaient et décidaient de donner un enseignement cohérent. Il exprimera à plusieurs reprises ses vues sur la question et les rassemblera dans une brochure intitulée " de l'utilité de joindre à l'étude de l'architecture celle des sciences et des arts qui lui sont relatifs (1).

Pour lui, le dessin est fondamental, " mais il ne peut être enseigné isolément et doit s'appuyer sur d'autres connaissances puisées dans les sciences et les arts dans la mesure où elles concourent à aider le constructeur et ne sont pas d'inutiles théories. C'est ainsi que la science des nombres, la géométrie et la trigonométrie, doivent faire mieux comprendre les proportions ; les sections coniques, la coupe des pierres, l'étude des mécaniques, doivent aider à organiser le transport de l'élévation des fardeaux, le modelage doit permettre à l'architecte de construire des modèles en carton, bois, argile ou cire des bâtiments qu'il projette, l'arithmétique lui sert à établir les devis, etc... " BLONDEL suit en cela VITRUVE qui conseillait aux architectes l'étude de la médecine pour la salubrité, de la physique pour le choix des matériaux, de la mécanique pour l'intelligence des forces et de la musique pour l'entente (acoustique) des théâtres.

Voulant mettre ses idées en pratique, BLONDEL ouvre, en 1743, avec l'approbation de l'Académie royale d'architecture un cours public d'architecture. Il doit rapidement se rendre à l'évidence, l'hétérogé-

(1) BLONDEL (J.F.) : De l'utilité de joindre à l'étude de l'architecture celle des sciences et des arts qui lui sont relatifs, PARIS, DESAINT, 1771.

néité de l'auditoire fait que les cours ne satisfont personne. " La théorie est trop élevée pour les artisans et les dissertations trop mécaniques pour des esprits éclairés ". Avec beaucoup d'humilité BLONDEL reconnaît qu'il s'est trop précipité. Il interrompt ses cours, réfléchit pendant trois ans avant de reprendre son enseignement sur des bases nouvelles.

Il reprend ses cours publics en 1747 et ouvre en même temps une Ecole des Arts à temps plein pour ses " disciples " rue de la Harpe dans un local agréable. Ses cours sont payants, sauf 12 places annuelles, offertes gratuitement à partir de 1747. Le régime est l'externat, mais une personne " de probité " veut bien se charger de prendre en pension les élèves venant de la province ou de l'étranger. BLONDEL s'assure l'aide d'un adjoint, choisit des maîtres habiles comme ROGEAU du VAR, ingénieur pour les mathématiques, puis de LA FAYE pour le calcul numérique et algébrique, la géométrie, la coupe des pierres, etc... GIRARD, pour l'ornement et le modelage, PAGNY pour la physique expérimentale relative à l'art de bâtir et à l'architecture. L'ordre des leçons comprend : architecture, mathématiques, dessin des différents genres, perspective, ornement et art de modeler, expériences de physique... Le but de cette école est de joindre la théorie à la pratique et de rassembler toutes les sciences et les arts relatifs à l'architecture. La copie du modèle ne semble pas être la règle absolue. BLONDEL préfère aller sur le terrain " dans les édifices de la capitale pour y examiner sur les lieux, soit l'ordonnance extérieure et intérieure de nos édifices sacrés, soit la distribution et la décoration des dedans et des dehors de nos bâtiments d'habitation ".

Quand il fait mauvais, on examine les manuscrits et dessins du Maître, on lit les " meilleurs auteurs ", on se rend dans les cabinets des confrères, comme " M. HUQUIER, rue des Mathurins, dont l'affabilité à cet égard est peut-être sans exemple ".

Le passage suivant nous donne une idée de l'organisation de cette école : " Les après-midi , pendant que nous nous occupons dans le cabinet à l'étude de notre Art, et à l'impression de nos ouvrages, notre Adjoint qui, au vrai talent de l'architecture, joint la connaissance des différentes parties des Arts énoncés ici, préside et surveille à l'ordre des diverses leçons, et au progrès des élèves.

Ces différentes leçons se prennent dans plusieurs salles, ayant vue sur un grand jardin : l'une destinée à ceux qui en sont encore aux éléments ; une autre, pour les élèves qui en sont à la composition. Dans l'une et l'autre, sont exposés les dessins en grand, et les dévelop-

pements relatifs à chaque objet. Une autre salle est destinée pour le Dessin dans tous les genres, où sont exposés quantité d'originaux, avec des bosses et des bas-reliefs nécessaires à cette étude ; dans une quatrième pièce, se donnent les leçons de Mathématiques, de Perspective, de Fortifications, du toisé et de la théorie de la coupe des pierres.

Dans un grand cabinet particulier, où sont contenus les livres, les instruments, les modèles en tout genre, et une belle collection de dessins, sous glace, se donnent les leçons de Physique expérimentale.

Dans un corps de logis séparé , se trouve un atelier pour la coupe des pierres et des bois, dans lequel sont exposés les épures en grand, et des modèles de différents genres, tant pour la Maçonnerie, que pour la Charpenterie, la Menuiserie, etc...

Dans le même corps de logis, est une salle destinée pour les exercices utiles, tels que les Armes, la Musique, la Danse, exercices qui se prennent particulièrement, et qui doivent entrer dans le Plan de l'Education des Hommes bien-nés qui se vouent à l'Architecture, et qui sont destinés à vivre en Société dans un monde choisi " (1).

Comme le souligne DUMESNIL (2), l'enseignement secondaire puise sa clientèle, avant la Révolution, dans quelques classes privilégiées. Il s'agit de faire des enfants " bien-nés " " des hommes comme il faut, capables de remplir dignement les charges royales ", d'être de bons sujets et de se comporter correctement dans les salons " du monde choisi ". Du point de vue technique, BLONDEL ne se contente pas de faire faire des projets. Il exige que ses élèves produisent des " dessins arrêtés " (3) toisés et estimés dans leurs coûts, ce qui étend l'emprise du concepteur au détriment de l'artisan et préfigure l'organisation industrielle.

Le sérieux de la formation technique et la conformité de l'institution aux canons de l'époque font, qu'en 1750, le roi confie à BLONDEL le soin de former les élèves des ponts et chaussées en ce qui concerne l'architecture, ce qui permettra à l'Ecole des Arts de bénéficier de subventions pour l'achat de livres, d'instruments et menues dépenses. L'école fermera ses portes, en 1795, lors de la réunion des écoles de peinture, de sculpture et d'architecture dans l'Ecole des beaux-arts.

---

(1) BLONDEL (J.F.) : Discours sur la nécessité de l'étude de l'architecture, (discours d'ouverture du cinquième cours public), op. cité, (1754).

(2) DUMESNIL (G.) : La pédagogie révolutionnaire, PARIS, DELAGRAVE, 1883.

(3) " Le dessin arrêté est celui qui est cotté pour l'exécution et sur lequel est fait le marché ", L'Encyclopédie, op. cité, (art. dessein).

L'Ecole des ponts et chaussées

Le corps des ingénieurs des ponts et chaussées est institué en 1716 et organisé en 1720. C'est en 1747, lorsqu'on veut dresser les plans exacts de toutes les routes et de tous les chemins de France que, pour former le personnel nécessaire, TRUDAINE et PERRONET organisent à Paris un bureau qui, peu à peu, se transformera en Ecole des ponts et chaussées.

Jusqu'à la Révolution, la formation s'apparentera à celle du noviciat des ingénieurs militaires. Les élèves restent six à sept ans au bureau, soit comme auxiliaires, soit comme élèves ou sous-ingénieurs. Les cours de dessin et d'architecture sont pris en dehors de l'école comme nous l'avons vu. Les connaissances de dessins propres au lever de plans et à la topographie sont inculquées au bureau et lors de stages actifs. On y pratique l'enseignement mutuel, méthode qui sera appelée à une grande extension par la suite. En 1775, le statut d'Ecole lui est conféré officiellement par TURGOT ; PERRONET est toujours directeur, il y a environ 60 élèves, plus une dizaine de surnuméraires. Le principe de l'enseignement mutuel est conservé, les vingt élèves les plus avancés enseignant aux autres. Pendant l'été, les élèves vont en mission sur le terrain. Le niveau des études s'élève progressivement et d'après ARTZ (1), en 1789, l'Ecole des ponts et chaussées n'avait pas sa pareille au monde comme école de génie civil. C'est en 1793 que, pour des raisons d'ordre politique, social et pédagogique (2), qu'est décidée la fusion de l'Ecole de génie de Mézière et de l'Ecole des ponts et chaussées. En 1795, l'Ecole devient école d'application de l'Ecole polytechnique.

La Petite-Ecole des ingénieurs-constructeurs de la marine

Jusque vers 1730, dans le monde fermé des arsenaux de la marine, les ingénieurs-constructeurs se formaient tout naturellement en situation comme le reste du personnel. DUHAMEL du MONCEAU (3), Inspecteur Général de la marine dont on sait la clairvoyance et le souci constant d'améliorer la construction navale, fait ouvrir, dans les différents arsenaux, des écoles de la marine où les jeunes gens entrent vers 14 ans sachant lire, écrire et calculer, avec une bonne recommandation, car l'admission est soumise à une autorisation de connaître des ouvrages de

---

(1) ARTZ (F.B.) : L'éducation technique en France au XVIIIe siècle, PARIS, ALCAN, 1939.

(2) LÉON (A.) : La Révolution..., op. cité, p. 167, (1968).

(3) DUHAMEL du MONCEAU (H.L.) : Elément de l'architecture navale ou traité pratique de la construction des vaisseaux, op. cité, (1758).

l'arsenal signée du Secrétaire d'Etat à la Marine et du Commandant du port. Admis comme aspirant-ingénieur, le jeune marin suit pendant deux ans au moins des cours d'arithmétique et de dessin. Vers seize ans il subit un examen qui lui donne le brevet d'élève-constructeur, il est dès lors chargé de travaux divers et participe à l'activité de l'arsenal. Les meilleurs sujets sont envoyés à l'Ecole de Paris ou Petite Ecole. A leur arrivée à Paris, la douzaine d'élèves-constructeurs subit une nouvelle interrogation sur la géométrie seulement. Les cours sont donnés dans une salle du Vieux Louvre. Un ancien constructeur attaché à l'école montre comment établir les plans des bâtiments de mer. Au cours de ses études, le constructeur doit se constituer un portefeuille de dessins, rapports, notes de calcul, devis, qu'il complétera par la suite. Quand l'élève est prêt, après deux ans environ, il demande à être examiné : l'interrogateur est le mathématicien BESOUT, à sa mort, en 1783, il sera remplacé par MONGE. De retour dans son port, l'élève-constructeur est embarqué pour une longue croisière au cours de laquelle il complète son portefeuille. Il peut être nommé sous-ingénieur, mais il doit parfois attendre car il n'y a que 18 places pour l'ensemble des arsenaux. Enfin, il peut passer ingénieur, au choix ou sur concours (le sujet est toujours un projet de bâtiment de guerre). Telle est, dans ses grandes lignes, l'organisation de la formation de l'ingénieur-constructeur de la marine.

La Petite Ecole, ouverte en 1741, est mise en sommeil en 1760, la marine de guerre connaissant, à cette époque, une période noire. En 1765, par l'ordonnance du 25 mars complétée par celle de 1766, CHOISEUL rétablit l'école et lui donne un statut. Les programmes sont revus pour tenir compte des progrès de la science nautique, on y inscrit le calcul différentiel et intégral. Par contre, les constructeurs restèrent attachés à leurs tracés et, d'après ARTZ (1), n'optèrent pour la géométrie descriptive que très tardivement.

L'Ecole du Génie de Mézières

Le corps des ingénieurs militaires, jusqu'alors formés dans les bureaux et par contact, comme ceux formés sous Louis XIV " par les soins et à l'exemple de M. VAUBAN ", s'augmentait lors des campagnes d'ingénieurs auxiliaires appelés " volontaires " dont les compétences laissaient à désirer. En 1748, d'ARGENSON, par un simple échange de correspondance, demande à de CHASTILLON de bien vouloir prendre avec lui quelques-uns de ces volontaires dans ce qui pourrait devenir une sorte de centre de formation pour les ingénieurs du génie. De CHASTILLON propose un règlement et une ébauche de programme qui sont soumis aux ingé-

(1) ARTZ (F.B.) : L'éducation technique en France au XVIIIe siècle, op. cité, (1939).

nieurs-directeurs des fortifications et choisit Mézières comme lieu d'implantation. Huit volontaires sont à Mézières en 1749. Avant d'être admis, le mathématicien CAMUS les a reçus et examinés à Paris. De CHASTILLON joue le rôle de directeur de l'école aidé par un permanent, LYON enseigne les mathématiques, LELIEVRE la coupe des pierres, RICHARD, autrefois charpentier, la pratique de son art et GRAVELOT, maître de dessin, fait faire quelques dessins d'architecture et quelques études de perspective. Les ingénieurs militaires de la région apportent leur aide à l'école.

Le programme relativement modeste comporte " de l'arithmétique, de la géométrie, l'étude des machines, l'hydraulique, la coupe des pierres et des bois, l'art de lever les plans et défiler les places et toutes les pratiques générales dont un ingénieur a besoin ". La première promotion ne reste que six mois à Mézières, la seconde un an et subit un examen de sortie portant sur les mathématiques et le dessin. En 1753, l'école s'installe dans un local où elle restera jusqu'en 1789. Au rez-de-chaussée on trouve deux grandes salles, l'une est la " gâcherie ", où se font les traits de charpente et la coupe des pierres avec RICHARD et LELIEVRE et, plus tard, MARION (qui signe aussi MARIONT) ; l'autre, la menuiserie des plans et reliefs dont s'occupe NEZOT, ingénieur ordinaire ; un, au moins, de ces plans est conservé aux Invalides. Au premier étage se trouvent quatre salles pour les enseignements théoriques et une bibliothèque. L'habitude est prise de recevoir des apprentis et fils de patrons charpentiers et appareilleurs de la région qui viennent faire le trait avec les élèves-ingénieurs dans la gâcherie. Cette coutume sera supprimée en 1777 pour une question de crédits. Il ne s'agit donc pas, comme on a pu le dire, d'une école à temps réduit, mais d'une faveur accordée à titre de bon voisinage.

Le règlement de 1754 prévoit trois catégories d'élèves : les " volontaires " qui font leur année normale (ils sont 17 en 1755) ; les " vétérans " qui, n'ayant pas réussi à l'examen de sortie, sont autorisés à redoubler ; et les " admis " qui ont été reçus, mais restent encore un an à l'école pour se perfectionner et aider leurs camarades par une sorte d'enseignement mutuel.

En 1756, le recrutement est modifié. Désormais, le plus gros des candidats parviendra à l'Ecole de la Fère. On assiste donc pour l'école de Mézières à un alignement sur l'Ecole des ingénieurs de la marine complété, en 1777, par l'allongement des études portées à deux ans.

La première année est consacrée à la stéréotomie, la coupe des pierres, la charpente, la science des ombres et la perspective, l'ar-

chitecture et le nivellement.

La seconde année à la physique, l'étude des machines et usines, le relief, l'exécution des cartes et une école pratique de " simulacre de siège ", l'examen public de sortie est remplacé, après bien des discussions, par un examen en privé.

En 1789, L'Ecole du génie s'installe dans de nouveaux locaux et fusionne avec l'Ecole des ponts et chaussées en 1794, pour donner l'Ecole Centrale des travaux publics, puis l'Ecole polytechnique. Telle est, brièvement résumée d'après AUGOYAT (1), l'histoire de cette école où, comme on le voit, le dessin sous des formes variées : trait, lever de plan, cartographie, dessin de machines, tracé d'ouvrages, défilement, tenait une place considérable.

C'est en 1765 que MONGE arrive à Mézières comme dessinateur pour recopier des plans. Mais tout de suite il s'attaque au problème des défilements qui, jusqu'alors, était résolu par des calculs compliqués. Sa solution graphique est celle de la " ligne de plus grande pente " (2). En 1765, il est nommé répétiteur de mathématiques puis, en 1769, professeur de mathématiques, de chimie, de physique et d'histoire naturelle. Il étudie de près les méthodes du trait en charpente et en coupe des pierres et tente d'appliquer l'analyse mathématique à la stéréotomie, puis il s'oriente vers des méthodes graphiques faisant alterner la géométrie analytique et ce qu'il nomme la géométrie descriptive. Cependant, on a probablement exagéré l'ampleur des développements donnés à la géométrie descriptive par MONGE à Mézières. D'après un témoin (FERRY, connu pour ses travaux sur la stéréotomie) (3), on ne faisait, au moment où MONGE quitta Mézières pour prendre la place de BEZOUT comme examinateur de l'Ecole des ingénieurs de la marine, que " les préliminaires très bornés de la géométrie descriptive ". FERRY prétend qu'on ne commença à faire l'épure de l'intersection d'un cône et d'un cylindre qu'en 1788.

Un recueil anonyme (4), non daté, de 24 planches sur le tracé, le relief et construction des fortifications, provenant de Mézières dont l'une des planches porte la date de 1781 et le nom de MARIONT, donne une idée des travaux faits à l'école. Les cinq premières planches sont

---

(1) AUGOYAT (A.M.) : Aperçu historique sur les fortifications, les ingénieurs et sur le corps du génie en France, op. cité, (1858).

(2) MONGE a donné des précisions sur sa méthode dans son cours de géométrie descriptive de l'Ecole Normale de l'an III, 4e séance, p. 341, tome II de l'édition de 1800 des " séances de l'Ecole Normale ".

(3) Cité par AUGOYAT.

(4) Ecole du génie de Mézières, Exercices sur le tracé des fortifications, B.N. inventaire V 4819.

des plans d'une forteresse non déterminée avec " notes instructives ", méthode de tracé des défilements, nivellement, calcul des déblais et remblais, organisation du chantier ; les huit planches suivantes se rapportent toutes à la forteresse de " Berg-Op-Zom " (Bergen-op-Zoom) et comportent : ensembles, détails cotés, ouvrages facilitant le transport des matériaux d'un point à un autre des fortifications de la ville, etc... La dernière série de cinq planches est beaucoup plus didactique, elle servait certainement de support aux leçons de MARION, le maître-charpentier de Mézières. Ce sont des assemblages avec cas d'utilisation des charpentes des toitures, des charpentes de soutènement des voûtes en construction et des dessins d'engins de chantier.

La planche la plus intéressante est la planche n° 9 où figurent différentes parties des murs de la ville de Bergen-op-Zoom. La reproduction de l'angle inférieur droit montre comment a été trouvée la forme de l'intersection de la voûte du souterrain avec l'abat-jour. En terme de géométrie descriptive, il s'agit précisément de l'intersection d'un tronc de cône à base circulaire avec un cylindre, les axes n'étant pas concourants et le tronc de cône étant en l'occurrence réduit à une portion de surface se rattachant à des plans inclinés obliques. Si l'on considère que sur l'épure les lignes pointillées obliques sont des génératrices du tronc de cône, la recherche de l'intersection est correcte et sa forme est bien semblable à celle que donne un tracé à grande échelle, compte tenu des imprécisions du dessin. Tout au plus peut-on remarquer que certaines arêtes manquent en projection frontale et que des lignes ponctuées auraient dû être tracées en traits forts. Mais rien ne prouve que ce tracé soit une application de la géométrie mongienne, au contraire, l'utilisation d'une vue auxiliaire, ce que MONGE n'a jamais préconisé, nous incite à penser qu'il s'agit d'une construction classique de la géométrie projective de FREZIER et confirme la remarque de FERRY. Fig.168

L'Ecole polytechnique

Sur une idée de LAMBLARDIE, nouveau directeur de l'Ecole des ponts et chaussées, un projet d'École préparatoire à toutes les Écoles d'ingénieurs est soutenu par MONGE devant le Comité de Salut public. Le 28 septembre 1794, le projet de création d'une Ecole Centrale des travaux publics est adopté par la Convention. Bien que MONGE n'ait pas nommément participé à l'élaboration du projet, on discerne dans le plan d'étude de l'Ecole sa marque certaine, en particulier pour les mathéma-

tiques qui comportent deux grands chapitres (1).

A - Analyse

1° Règles et théories générales

2° Application à la géométrie à trois dimensions

3° Application à la mécanique des solides et des fluides

4° Application au calcul de l'effet des machines.

B - Description graphique des objets

Géométrie descriptive

I - Stéréotomie

1° Règles générales et méthodes de projection

2° Coupe des pierres

3° Charpenterie et art de piquer les bois

4° Ombre des corps

5° Perspective linéaire et aérienne

6° Cartes et plans, nivellement

7° Dessin des machines simples et des principales machines composées.

II Architecture

III Fortification - Théorie et pratique

b. Art du dessin

Dessin de la figure de l'ornement et du paysage d'après la bosse et d'après nature.

L'enseignement est réparti sur trois années, puis sur deux, après 1795. Trois types de pédagogie sont prévus : les cours magistraux (surtout pendant les premiers mois et sur le modèle des cours révolutionnaires), des travaux pratiques dans des salles spécialisées et un enseignement mutuel.

Pour préparer l'ouverture qui se fera dans les annexes du Palais Bourbon, on rassemble rapidement tout le matériel disponible, sans trop s'embarrasser de scrupules ; PINET (2) rapporte que NEVEU, " instituteur de dessin ", chargé d'organiser l'enseignement des arts du dessin, parcourt les églises, les maisons d'émigrés, prend des gravures et des moulages, emprunte des dessins dans les portefeuilles des artistes, etc... Pendant ce temps, MONGE, aidé par 25 dessinateurs, prépare ses épures de descriptive.

---

(1) COLLECTIF : Le livre du centenaire de l'Ecole polytechnique, 1794-1894, tome I, PARIS, GAUTHIER-VILLARS, 3 tomes, 1895-1897.

(2) PINET (M.G.) : Note historique sur l'enseignement du dessin à l'Ecole polytechnique, s.l. s.d., Brochure B.N. 4° V 7137.

En octobre 1794, dans 22 villes du pays, des examinateurs, flanqués de citoyens, dressent les listes des candidats donnant des espérances par leur moralité, leur civisme (ils ont dû fournir une attestation) et " leurs dispositions à apprendre des choses nouvelles ". 349 élèves arrivent à Paris le 30 novembre, on les loge chez des " pères sensibles ", les organisateurs tenant à ce qu'ils ne perdent pas contact avec le peuple. Les cours commencent le 21 décembre 1794 par un serment civique d'amour à la république et de haine éternelle à la royauté.

Une remarquable équipe " d'instituteurs " est en place : LAGRANGE pour l'analyse, PRONY pour la mécanique, MONGE et HACHETTE pour la stéréotomie, DELORME et BALTARD pour l'architecture.

MONGE, plein d'ardeur, réunit le soir les cinquante meilleurs élèves pour leur donner une instruction supplémentaire. C'est parmi eux que seront désignés par leurs camarades les 25 chefs de brigade pour l'enseignement mutuel. Le jeune FRANCOEUR se distingue par ses dons multiples. Il sera l'un des plus fervents propagateurs de l'enseignement du dessin vers les années 1820.

MONGE et HACHETTE fondent le journal de l'École dont le premier numéro paraîtra en mai 1795.

Le 1er septembre 1795, l'École prend le nom d'Ecole polytechnique. On doit retenir pour cette École deux caractères marquants. Premièrement, elle n'est pas neutre. Professeurs et élèves sont engagés. Longtemps après la période révolutionnaire, les élèves et les professeurs de l'Ecole polytechnique continueront à s'occuper de politique. En 1830, les élèves s'associeront au mouvement libéral. On raconte que, le soir du 27 juillet quelqu'un ayant crié dans la rue " pouvez-vous dessiner froidement pendant qu'on égorge vos camarades ? " (1), tous les élèves quittèrent la salle de dessin pour aller sur les barricades. En 1848, ils fraternisent avec les associations républicaines, et les polytechniciens sont envoyés comme commissaires dans les départements. Le rôle politique de l'École s'achèvera, en 1852, avec le second empire.

Le second caractère de l'École est la part considérable faite à la géométrie descriptive : 45 % des horaires dans le programme de 1795, 40 % de la 1ère année dans le programme de 1801, rédigé par MONGE et envoyé à toutes les Ecoles centrales pour les aider à préparer les élèves au concours d'entrée. La proportion ira constamment en diminuant

---

(1) PINET (M.G.) : Note historique..., op. cité.

par la suite, mais, dans ces premières années, il faut y voir l'effet de la volonté de MONGE qui pensait sincèrement que " la géométrie descriptive deviendrait un jour une des parties principales de l'éducation nationale " (1).

C - LA FORMATION DANS LES ECOLES A TEMPS PARTIEL

Au XVIIe siècle, les académies sont des assemblées d'hommes exerçant la même profession ou s'intéressant au même sujet ; c'est ainsi que les membres de l'Académie des sciences, avant de recevoir, en 1666, leurs lettres patentes et l'autorisation de se réunir dans la bibliothèque du Roi, s'étaient constitués de longue date en société savante. Il en était de même des peintres, des sculpteurs et des architectes, sans qu'il y ait, d'ailleurs, de critères de distinction bien nets entre ces trois activités, souvent exercées concurremment par le même artiste.

Au début de l'année 1648, le peintre LEBRUN présente au conseil de régence une requête visant à réunir différentes académies, créées antérieurement, sous le titre unique d'Académie royale de peinture et de sculpture. Un arrêt favorable à ce projet est pris sur-le-champ le 20 janvier 1648. Dix jours après l'arrêt de création, avant même la promulgation des lettres patentes confirmatives de leurs statuts soumis à la sanction royale, les nouveaux académiciens, ayant procédé à l'élection de douze " anciens ", ouvrent une école de dessin " d'après le modèle ". Cette initiative inattendue, inspirée à LEBRUN par ce qu'il avait vu dans les académies de Rome, Florence et Bologne, intrigue le public qui accourt malgré les dix sous par semaine demandés aux élèves. Mais il s'agit surtout d'une manoeuvre habile, aux conséquences considérables, pour créer un enseignement public, concurrent de l'enseignement en situation qui reste toujours, en principe, le privilège de la vieille jurande des " paintres et tailleurs ymagiers de Paris ", dont on trouve la trace dans le livre des métiers de N. BOILEAU. La maîtrise " des peintres et des sculpteurs de la ville et banlieue de Paris ", héritière du passé, ne s'y trompe pas et réagit sur deux plans. Sur le plan juridique, elle introduit une requête en annulation qui entraîne la fermeture de l'école de dessin de l'Académie royale, six semaines seulement après son ouverture, et fort opportunément elle décide d'aller dans le sens du courant en ouvrant, comme elle en avait le droit,

---

(1) COLLECTIF : Séances des Ecoles Normales recueillies par des sténographes et revues par des professeurs, PARIS, Imp. du Cercle Social, 9 tomes, nouv. éd., 1800.
Cours de MONGE, 6e séance, tome III, p. 332.

a propre école de dessin dans sa Maison des Coquilles, rue de la Tixanderie, et de prendre le nom d'Académie de SAINT-LUC, du nom de son saint protecteur. Vingt-quatre " anciens " sont nommés et les cours publics et gratuits commencent aussitôt. Ils sont surtout destinés aux apprentis des maîtres de la jurande et se présentent comme des cours de complément.

La suite est une longue lutte procédurière entre les deux Académies. L'Académie royale se voit reconnaître le droit de tenir Ecole en 1651 et il y a même à cette date une brève fusion des deux Académies. Peu après, l'Académie royale s'installe au Louvre où elle restera jusqu'à suppression des Académies par le décret de la Convention du 8 août 1793. L'Académie de SAINT-LUC, elle, est supprimée par une déclaration royale du 15 mars 1777, l'année d'après la tentative de TURGOT pour supprimer maîtrises et jurandes.

L'Académie royale d'architecture fut fondée plus tardivement que celle de peinture et sculpture. Le 31 décembre 1671, COLBERT, accompagné de personnages marquants de la cour, préside la séance inaugurale dans le local assigné à la compagnie, au Palais-Royal, non loin de l'Académie de peinture. Les membres de la nouvelle Académie sont LE VAU, BRUAND, GITTARD, LEPAUTRE, MIGNARD, d'ORBAY, architectes, et J.F. BLONDEL, " professeur-royal aux mathématiques et en architecture ".

BLONDEL, dans son discours d'ouverture, définit le rôle de l'Académie et fixe l'ordre de ses travaux : les jeudis, les membres de l'Académie s'assembleront pour conférer entre eux sur l'art, les règles de l'architecture, étudier les maîtres, analyser des ouvrages (l'Académie joua pleinement ce rôle en donnant de nombreuses consultations sur les ouvrages en projet ou en cours d'exécution en France ou à l'étranger), les mardi et vendredi de chaque semaine, il sera fait une leçon publique à tous ceux qui voudront y assister, sur l'architecture proprement dite, la géométrie, l'arithmétique, la gnomique, les fortifications, la perspective, la coupe des pierres, etc... Ce programme fut suivi sans changements importants jusqu'en 793.

Comme nous le disions plus haut, la répartition des membres entre les deux Académies royales semble avoir répondu à des critères assez flous : LEBRUN, fondateur et " ancien " de l'Académie de peinture et de sculpture, s'occupait aussi activement d'architecture. A. BOSSE était un graveur en taille douce, mais on sait aussi qu'il fut l'ardent propagateur de la pensée de DESARGUES et qu'il professa, de 1653 à 1661, à l'Ecole de l'Académie l'architecture et les pratiques géométrales et perspectives. A l'Académie d'architecture, J.F. BLONDEL était ingénieur du Roi,

précepteur du Dauphin pour les mathématiques et accessoirement féru d'architecture, Claude PERRAULT, physicien et médecin, s'intéressait à l'archéologie et à l'histoire de l'art, mais il n'eut qu'un rôle de conseiller en matière d'architecture.

Si la composition de l'Académie de SAINT-LUC comporte moins de noms connus que les deux Académies royales, cela tient à ce qu'elle était une émanation de la maîtrise. Mais, après une période de tâtonnement, les trois Académies offrent sensiblement les mêmes leçons publiques hebdomadaires de dessin, de sculpture, d'architecture, de géométrie, de perspective, d'anatomie, et leurs méthodes d'enseignement sont identiques. Dans la lutte farouche que se livrent les Académies, l'Académie de SAINT-LUC fait valoir la gratuité de son enseignement, " ses vingt-six professeurs, ses modèles à volonté, ses concours et ses prix ", les Académies royales font état de la qualité des professeurs et font miroiter la possibilité qu'elles ont de délivrer les titres de peintre ou sculpteur du Roi ou de la Reine, tandis que SAINT-LUC ne peut délivrer légalement que des maîtrises. Il semble bien que les élèves, apprentis des artisans ou élèves des peintres et architectes, profitaient du caractère public des cours pour aller de l'un à l'autre au gré de leur intérêt. En 1663, grâce au soutien de COLBERT, les Académies royales n'ont plus rien à désirer en fait d'autorité, de monopole et d'indépendance.

En 1676, COLBERT ouvre un peu plus la porte à un enseignement susceptible de concurrencer et de remplacer la maîtrise dans son rôle de formation en faisant approuver par le Roi une disposition permettant, à l'image des Académies royales, " l'establissement des Escoles académiques par toutes les villes du royaume où il sera jugé estre nécessaire ". L'initiative de l'idée revient au peintre Thomas BLANCHET qui, s'étant fixé à Lyon et s'y plaisant, écrit au mois d'avril 1676 à son ami LEBRUN pour lui demander dans quelles conditions il pourrait " établir une Académie en ladite ville pour y enseigner la jeunesse dans les arts de peinture et de sculpture selon les ordonnances du Roy et la discipline de l'Académie royale ". COYSEVOX, reçu à l'Académie le jour même où LEBRUN lit la lettre de BLANCHET, probablement sous le coup de l'émotion, assure l'assemblée qu'il est résolu à fixer sa résidence à Lyon pour aider BLANCHET dans son entreprise. L'affaire est menée rondement par l'actif LEBRUN et, le 22 décembre 1676, les articles constitutifs de l'Académie de Lyon sont enregistrés au Parlement. Préalablement, afin de lui donner plus d'autorité, l'Académie a nommé BLANCHET académicien et professeur et COYSEVOX adjoint-professeur (mais ce dernier reviendra sur sa décision de départ en province).

Dans des conditions identiques, une Ecole académique " assujettie à l'observation des statuts de l'Académie et à ses ordres " est ouverte en 1677 à Reims, en 1688 une lettre d'établissement envoyée à Bordeaux où l'Académie prend le nom " d'Académie de peinture, sculpture, architecture navale et civile de Bordeaux ". Dès lors, les Académies se multiplient : Rouen (1741), Marseille (1753) qui adopte la même appellation que Bordeaux, Montpellier (environ 1753), Amiens (1758), Dijon (1765), Lille, Dunkerque, Valenciennes, etc... Dans certaines villes, l'attribution de lettres patentes avait été précédée d'une période de fonctionnement au seul titre d'Ecole académique comme à Toulouse, fondée en 1738 et érigée en Académie de peinture, de sculpture et d'architecture en 1751. Enfin, comme on le voit pour Bordeaux, de nombreuses Académies de province se donnèrent des missions d'enseignement qui dépassaient le cadre des seules peinture et sculpture. Toulouse, justement, en est un bon exemple. BARAS, dans son tableau de l'éducation publique (1), signale qu'en 1751 l'Académie de Toulouse compte 72 membres dont 10 professeurs et offre des cours publics de dessin, de peinture, de sculpture, d'architecture, d'histoire, de géométrie perspective, d'anatomie, de génie, de construction des ponts et chaussées (2) et d'art du trait. En 1784, on ouvrira, au sein de l'Académie, une Ecole de génie des ponts et chaussées. Maîtres et élèves essaiment dans la région en donnant des professeurs aux écoles de dessin de Corèze, Montpellier, Auch, Bayonne ; le professeur de l'Académie royale de Madrid est un transfuge de Toulouse ainsi que le directeur de l'Académie de France à Rome.

Les leçons d'architecture de l'Académie royale de peinture et sculpture

En 1653, A. BOSSE est reçu membre de l'Académie royale de peinture et de sculpture et il accepte d'y donner deux enseignements conjoints, l'un portant sur la technique du dessin proprement dite, l'autre sur l'application à l'architecture. Il semble qu'il enseigna jusqu'en 1661, date à laquelle il quitte l'Académie sur une brouille retentissante.

En juillet 1655, lors de l'une de ses séances de travail, l'Académie remercie A. BOSSE pour ses services et lui demande de rédiger " par écrit et par figures le cours de ses leçons ". Une vive dis-

---

(1) BARAS (M.A.) : De l'éducation publique dans la France libre, op. cité, (1793).

(2) Les pays d'État, tels le Languedoc et la Bretagne, avaient leur autonomie en matière de recrutement de la formation des ingénieurs civils.

cussion s'engage sur l'ordre de la table des matières. Cette discussion est pour nous d'un certain intérêt puisqu'on y trouve la trace d'un souci pédagogique. Faut-il commencer par le trait (au sens du tracé en peinture) ? BOSSE préférerait commencer par les proportions, puis parler des couleurs. En définitive, et sans arriver à un accord unanime, on décide de commencer par " la perspective en règle ".

BOSSE met donc son cours en ordre et publie avec beaucoup de retard, en 1664 et 1665, deux ouvrages que l'on peut supposer être le reflet de son enseignement à ses étudiants peintres, sculpteurs, maçons, appareilleurs, de 1653 à 1661. Les titres sont par eux-mêmes tout un programme. Le premier, dans l'ordre de l'enseignement, est le " traité des pratiques géométrales et perspectives enseignées dans l'Académie royale de la peinture et sculpture, les pratiques par figures des choses dites cy-devant ainsi qu'elles ont esté enseignées et explicquées dans l'Académie royalle de la P. et S. ", qui porte en sous-titre cette dédicace " très utile pour ceux qui désirent exceller dans ces arts et autres où il faut employer la règle et le compas " (1).

Il est assez touchant de voir avec quelle application BOSSE, généralement d'une obscurité peu commune, s'efforce d'être clair et méthodique. Les leçons sont présentées sous forme de planches (ou stampes) comportant d'un côté un " discours d'explication " et de l'autre des figures. Fig.169

Dans le " discours prononcé de vive voix dans l'Académie pour servir de préparation aux élèves avant que d'en venir à la pratique ". BOSSE énonce son programme :

1 - pratique de géométrie par le moyen de la règle et de compas,
2 - assiette, élévation et profil des coupes,
3 - perspective.

Comme le dit BOSSE, toute sa géométrie est tirée d'EUCLIDE : pour lui, il y a deux moyens de représenter les objets en " pourtraiture platte ". " L'un par autant de figures différentes qu'on y considère d'étendues plattes pour les mesurer, ces figures peuvent être faites attachées ou détachées. L'autre par l'endroit de la superficie qu'un seul oeil aperçoit facilement d'une seule oeillade ". La seconde méthode de représentation géométrale préconisée par BOSSE, dite " méthode des ingé-

---

(1) BOSSE (A.) : Traité des pratiques et perspectives..., op. cité, (1665).

nieurs " est réalisée pratiquement en imaginant les figures représentatives disposées autour du plan puis relevées comme des panneaux, toutes les dimensions sont conservées. On retrouvera cette façon de faire chez de MONTABERT (1) sous le nom de stéréographie.

La méthode d'enseignement de BOSSE est basée sur la copie de modèles dessinés. Les élèves ont une série de planches graduées qu'ils doivent copier après avoir lu les explications. Ils peuvent laisser de côté certaines planches, mais quand il y a difficulté, il leur est demandé de recommencer autant de fois que nécessaire " en opérant de la main ". BOSSE estime les amener ainsi à " bien entendre la pratique " sans rien apprendre par coeur. On pourrait porter un jugement très défavorable sur cette méthode de copie issue de la tradition des Académies, mais on peut aussi remarquer un essai d'individualisation de l'enseignement pour répondre à l'hétérogénéité du public, cette plaie de tous les cours publics de dessin. Fig.169

Le second ouvrage s'intitule " Traité des manières de dessiner les ordres de l'architecture antique en toutes leurs parties avec plusieurs belles particularitez qui n'ont point paru jusques à présent touchant les bâtiments de marque, comme la naturelle entre suitte des gros et menus membres de leurs degrez ou escaliers, puis le moyen d'arrester par dessein et modelle en petit les parties d'un édifice en sorte qu'étant exécuté en grand, il fasse l'effet que l'on s'est proposé et enfin la pratique de trouver en place géométrale ces jours ombres et ombrages sur les corps géométraux " (2).

Les planches sont des planches à copier ou à exploiter lors de variations sur un thème donné : ordre de l'architecture, constructions élémentaires, constructions spécifiques, dimensions des constructions modulaires, usage des instruments de dessin comme l'appareil à tracer les renflements des colonnes, représentation géométrale des bâtiments, escaliers droits. Le niveau de difficulté en dessin est assez modeste, BOSSE s'est visiblement inspiré de VITRUVE et de ses nombreux commentateurs pour préparer son traité.

Par rapport aux traités antérieurs où la cohérence était d'origine technologique (comment faire telle ou telle opération ou réaliser tel ou tel type d'ouvrage), il est à noter que l'expression " cours

---

(1) MONTABERT (P. de) : Le dessin linéaire enseigné aux ouvriers, op. cité, (1832).

(2) BOSSE (A.) : Traité des manières de dessiner..., op. cité, (1664).

de leçons " employée par BOSSE dans le texte marque un souci de cohérence didactique nouveau que le " cours d'architecture " de DAVILER (1), le premier ouvrage technique que nous ayons trouvé portant un tel titre, marque lapidairement. DAVILER ou d'AVILER est un architecte brillant, à la vie mouvementée qui vécut à Toulouse et à Montpellier et y exerça les fonctions d'architecte de la province du Languedoc. Rien dans son ouvrage ni dans sa biographie n'indique qu'il enseigna, mais on peut le supposer. Le tome I est essentiellement une refonte du VIGNOLE dont les planches sont si usées qu'on ne peut plus en faire de réédition, DAVILER en profite pour refaire les échelles de modules et rendre l'ouvrage plus maniable. Il y ajoute une étude comparative sur les éléments de construction tels que les portes et les fenêtres et plusieurs chapitres originaux :

- de la distribution et de la décoration des bâtiments,
- de la matière : marbre, pierre, plomb, bois, ardoise, vitres, peintures, etc...
- de la construction des édifices et de la manière de planter les bâtiments,
- de la manière de lever les panneaux et tracer les pierres.

Le tome II est un lexique des termes techniques du bâtiment.

Cet ouvrage est intéressant par la place qu'il fait à la technologie des matériaux. Nous en avions des exemples avec les traités d'horlogerie pour les professionnels ou les ouvrages de vulgarisation comme " l'architecture française " de SAVOT (2), qui s'adresse aux personnes qui veulent faire construire et contient le prix des matériaux, la manière de faire un devis, les lois et ordonnances en vigueur ; mais dans le cours de DAVILER, il s'agit de la matière d'un enseignement , naguère encore donné par le professeur de dessin sous le nom de technologie des matériaux.

Les écoles de mathématiques pratiques et de dessin de Rennes

La plupart des Académies ou écoles de province semblent avoir interprété très librement le modèle parisien en associant peinture, sculpture et architecture, et en développant des cours qui n'avaient plus rien à voir avec les arts libéraux, mais qui correspondaient à une

(1) DAVILER (A.C.) : Cours d'architecture, op. cité, (1691).

(2) SAVOT (L.) : L'architecture française (figures et notes de BLONDEL), PARIS, CLOUZIER, 1673, (1ère édition 1624).

demande locale ou à la vision que pouvait avoir un homme comme FERY, de Reims, du rôle d'une école de dessin.

Le programme des cours que le Père FERY (1) se propose d'ouvrir à l'intention des jeunes gens de Reims est encyclopédique. Il mérite d'être sommairement exposé.

- D'abord l'arithmétique et l'algèbre, mais pas seulement sous forme de leçons dans une salle. Il faudra consacrer quelques jours à la belle saison à lever par parties le plan de la ville, mesurer la hauteur des tours, des édifices et autres objets accessibles et inaccessibles.
- La trigométrie : pour savoir se servir des tables (sinus et tangentes) qui sont d'un bon secours.
- Le nivellement : règle et description des niveaux et façon de s'en servir. Puisqu'on distribue actuellement les eaux dans la ville, en profiter pour faire des travaux pratiques.
- La statique et la mécanique : " le mécanisme et la construction de toutes ces machines, les proportions et les configurations des parties qui les composent, leur développement, leur usage et leur calcul, seront de nouveaux objets sur lesquels nous exercerons la sagacité de nos disciples ".
- L'échafaudage : le caprice et la routine y ont plus de place que le génie, mais les grands échafaudages sont sources d'inventions.

Vient ensuite une série de cours rangés suivant un ordre qui nous échappe (fluide mis en jeu et condition de mise en jeu ?) : l'hydrostatique, l'aérométrie, l'hydraulique (pompes, pistons, soupapes et machines complètes, règles pour déterminer la surface des aubes d'une roue), l'optique et la perspective (surtout du point de vue géométrique), la catoptrique, la dioptrique, la gnomonique, l'architecture civile et militaire, la pyrotechnie, la science du trait sur pierre, l'art du trait pour la menuiserie, la poussée des voûtes...

Pour enseigner tout cela, FERY se propose de faire appel à des personnes savantes et des machinistes habiles, lui-même assurera une

---

(1) FERY (Père) : Plan des écoles de mathématiques pratiques et de dessin qui s'ouvriront à Reims dans les salles de l'Hôtel de Ville, au mois de novembre 1748, REIMS, DELAISTRE, 1748.

partie des cours (il était féru d'hydraulique) (1). L'école de mathématiques sera ouverte deux heures par jour, et celle de dessin toute la journée, un léger tribut sera demandé aux élèves qui peuvent payer, des places gratuites seront offertes aux autres. Ce programme est accompagné d'une approbation de l'Académie des sciences, ce qui montre que toutes les écoles n'étaient pas patronnées par les Académies de peinture, de sculpture ou d'architecture. Il importe de dégager les aspects les plus remarquables de ce vaste projet. Nous en avons trois :

- l'orientation très nette vers les arts mécaniques ; " et comme un des principaux objets qu'on se propose est de donner un nouvel éclat aux manufactures de cette ville, il y aura tous les ans un prix particulier pour celui qui, élève de l'Ecole ou externe, aura avec le plus de goût et de génie inventé une Machine, imaginé une opération, ou formé un dessein à l'avantage de ces manufactures ",
- la volonté de donner autant que possible des bases scientifiques et mathématiques à la formation,
- le recours au concret comme moyen pédagogique, car il ne sert pas à grand-chose " d'opérer spéculativement sur le papier ". Par exemple, pour " l'art du trait ", FERY n'insiste pas sur le tracé des épures, mais souhaite faire faire des modèles en petit des combles de toutes espèces ; pour la " science du trait sur la pierre ", " après avoir tracé l'épure de chaque objet, nous emprunterons la main d'un appareilleur qui coupera le trait sous les yeux des élèves ".

On ne sait pas si FERY put trouver tous les professeurs susceptibles d'enseigner un tel programme, ni les élèves capables de l'absorber. Ce qui est sûr, c'est qu'ayant sollicité le peintre FERRAND de MONTHELON pour donner l'enseignement du dessin, celui-ci accepta, vint s'installer à Reims en 1748 et y mourut en 1752. On a conservé de lui l'image d'un artiste de modeste envergure (le musée de Reims détient quelques-unes de ses oeuvres) et d'un professeur très dévoué. Il est vrai que FERRAND de MONTHELON avait un long passé d'enseignant. De formation artisanale, il avait appris la technique des émaux chez son père. c'est tout naturellement qu'en 1722 il entre à l'Académie de SAINT-LUC où il devient professeur. Ses vues sur le rôle du dessin dans la formation générale et technique nous intéressent donc à double titre : elles sont un

(1) FERY (Père) : Mémoire sur l'établissement des fontaines publiques, AMIENS, CARON-HUBAULT, 1749.

reflet de l'enseignement donné dans l'Académie de la maîtrise parisienne, et c'est une expression des objectifs de l'enseignement du dessin à cette époque. Le mémoire que F. de MONTHELON joint au plan de l'école de mathématiques pratiques nous semble suffisamment important pour que nous le donnions dans sa presque totalité en note (1).

On remarquera d'emblée une certaine divergence de vue entre FERY et de MONTHELON. FERY énumère une suite de compartiments où le gra-

---

(1) FERRAND de MONTHELON : Mémoire joint au plan du Père FERY, 1748.
" Le dessin n'est pas moins nécessaire aux artistes que les mathématiques. C'est en effet l'Art du Dessin qui forme le goût pour toutes les diverses sortes d'ouvrages ; il donne également la fécondité de l'imagination, et la facilité de l'exécution. Il est la base de l'Architecture, de la Peinture, de la Sculpture et de la Gravure. Il rend le Maçon et le Tailleur de pierres habiles à exécuter les projets de l'Architecture ; le Charpentier en a besoin dans la plupart de ses opérations. Il est nécessaire à l'Orfèvre pour ses riches et rares Ouvrages qui brillent dans nos Temples et sur nos Tables ; au Menuisier pour la décoration d'un Alcove, d'une Console, d'un Lambris, d'un Panneau, d'un Chambranle ; au Serrurier pour former une Grille, un Support, un Balcon ; il étend les vues de l'Horloger, du Tabletier, de l'Ebéniste, du Metteur en oeuvre, du Gallonnier, du Cartifannier, du Tapissier, et de tous les Fabricants d'Etoffes, pour le choix des ornements et les belles formes. Enfin il donne à toutes les différentes sortes d'Ouvriers le talent de réunir dans leurs Ouvrages l'agréable et le nouveau ; talent heureux qui rendra toujours les Peuples voisins tributaires de celui qui en sera possesseur.....

Cette Ecole de Dessin sera ouverte tous les jours depuis sept heures du matin jusqu'à sept heures du soir. Le plaisir deviendra la sauvegarde de l'innocence des moeurs ; et la plupart des jeunes gens, infiniment sensibles aux charmes de l'imitation, y consacreront avec joye la meilleure partie de la journée à devenir rivaux de la nature, en créant des Ouvrages pareils aux siens.

Je me félicite infiniment d'avoir été choisi par Messieurs les Lieutenants et Gens du Conseil de cette Ville de Reims, pour être un des instruments et des Ministres de leurs vues, et j'ose espérer de les remplir dans l'Ecole dont ils m'ont confié la Direction ; j'en ai pour garant le grand nombre d'élèves que j'ai formés à Paris ; il y a dans cette Capitale peu de Professions d'Artistes où il n'y ait des sujets excellents qui me font l'honneur de reconnaître qu'ils doivent à mes soins une partie de leur réputation ; ils en doivent sans doute la principale partie à leurs talents, mais je me persuade qu'ils ont quelque obligation à mon zèle, à mon application et à ma méthode. J'ai toujours eu l'attention de faire passer successivement à mes élèves des choses simples et aisées à celles qui sont plus composées et plus difficiles, je leur fait répéter des choses à peu près semblables, jusqu'à ce qu'ils les possèdent parfaitement ; et dans les choses qui se ressemblent, j'ai soin de jeter assez de variété pour écarter le dégoût.

L'expérience constante d'un très grand nombre d'années m'a appris qu'en suivant cette route, il n'est aucune sorte d'Artistes qui, pour peu qu'il ait des dispositions naturelles, ne puisse parvenir en peu de tems à acquérir ce qu'il lui faut de dessin pour atteindre à la perfection son Art ".

phisme professionnel joue un rôle spécifique. De MONTHELON, pourtant chargé de ces enseignements, n'y accorde que peu d'importance; pour lui, le dessin d'art constitue l'essence de toute formation, il est même plus opérationnel que les mathématiques ; les artistes et les artisans tireront bénéfice d'un tel enseignement, mais aussi l'honnête homme, gentilhomme ou militaire.

Le rôle social de l'école n'est pas moins important. Dans une région où le nombre des jeunes gens sans emploi ou sans formation régulière est considérable, l'école ouverte toute la journée, au sens propre du terme, servira de refuge à ceux qui n'ont rien d'autre à faire, pense de MONTHELON.

Si nous ignorons tout du succès de l'Ecole de mathématiques appliquées, nous savons, par BARAS, que du vivant de de MONTHELON l'Ecole de dessin fonctionna effectivement et, comme cela devait se produire chaque fois qu'un système de cours publics optionnels était mis en place, qu'elle draîna vers elle un grand nombre d'élèves. Les cours de dessin tels que les concevait de MONTHELON, qu'ils soient donnés à Reims, à l'Académie de SAINT-LUC ou dans les académies et écoles de province, avaient l'avantage de répondre assez directement aux attentes des élèves, apprentis ou ouvriers des manufactures, sans exiger une spécialisation technique poussée. Cette déconnexion d'avec le métier, présentée ici comme l'un des avantages du dessin qui, dans son universalité, convient à tous, sera par la suite une des tares des écoles de dessin, ou du moins une des difficultés à surmonter, quand le public sera composé en majorité par les ouvriers de l'industrie mécanique et non plus par les représentants mal définis des " arts mécaniques ".

Le cours public de la rue de la Harpe

Nous avons vu précédemment que les premiers cours publics de J.F. BLONDEL furent un échec (ils durèrent six mois en 1743). La cause en était la trop grande disparité du public. Pourtant BLONDEL reste convaincu de la nécessité d'un enseignement qui associe théorie et pratique. Après avoir analysé les causes de ses insuffisances, il décide de reprendre ses cours en répartissant ses auditeurs en trois niveaux(1). Son second cours public s'ouvre le 16 juin 1747 (2). Le cours élémentaire est destiné à éclairer le goût et compléter la formation générale des personnes distinguées. Le cours de théorie à base de citations utiles et importantes et de démonstrations pour les praticiens de haut niveau.

(1) Cf. supra, page 153.

(2) BLONDEL (J.F.) : Discours sur la manière..., op. cité, (1747).

Le cours pratique, destiné à ceux qui, " se bornant à la construction des bâtiments ont besoin d'une théorie moins transcendante, mais auxquels de simples éléments ne suffiraient pas pour acquérir les connaissances qui leur sont nécessaires dans l'art de bâtir et qui, faute de principes, ne pourraient jamais faire de grands progrès dans leur profession ". Le cours de pratique a pour objet l'exercice du dessin, mais il s'appuie sur la géométrie pratique, les mathématiques et, dans la mesure où c'est possible, la résistance des matériaux. Pour le " trait " sa faveur va à FRÉZIER, plus méthodique que ses prédécesseurs (1), mais il ajoute qu'il faut encore considérer que " c'est le trait qui produit aux lieux publics les espaces libres et qui, loin d'en altérer la construction, les rend capables de résister au temps et à la rigueur des saisons, et c'est enfin cette science qui, dans l'architecture militaire, met les portes des villes, les magasins, les voûtes et les remparts en mesure de résister aux efforts du boulet ou de la bombe ". Ainsi, le dessin peut se concevoir, même à ce niveau, sans une technologie dont BLONDEL donne les principaux chapitres :

- la décoration,
- la distribution qui est la manière de répartir rationnellement les surfaces,
- la construction qui comprend : la maçonnerie en général, les matériaux ; la manière de planter les bâtiments ; la construction des fondations sur le roc, le sable, la glaise, dans les lieux marécageux, sur la terre ferme ; la construction des murs ; la charpente en général, la qualité des bois, la construction des planches ; la couverture, la serrurerie, menuiserie, pavé, vitrerie, plomberie ; la rédaction des devis à partir des tarifs généraux Enfin, lois des bâtiments suivant la coûtume de Paris.

---

(1) FRÉZIER semble avoir été l'auteur en vogue dans toutes les écoles et académies qui donnaient des cours de trait. En 1774, un certain DESSAIN (Junior), libraire au pavillon des Quatre-Nations à Paris, propose une collection de 40 " reliefs " composés de 542 morceaux (chaque relief dans une boîte) coupés d'après l'ouvrage de M. FREZIER au prix de 295 livres le tout, et 240 livres pour les commandes groupées (prospectus B.N. Vp 7674). L'argument de DESSAIN est que les reliefs favorisent l'étude du trait et la compréhension des épures qui sont " la projection d'une infinité de plans exprimés par nombre de lignes, les unes pleines, les autres ponctuées, toutes chargées de lettres et la plupart en raccourci dont il faut par d'autres plans chercher les longueurs ". DESSAIN affirme encore que ses reliefs intéresseront le grand public, l'amateur de beaux-arts et l'étranger comme souvenir (?).

BLONDEL indique dans son discours d'ouverture du cinquième cours public (1754) (1) qu'en plus de ces trois cours : " les dimanches et fêtes depuis une heure jusqu'à huit, se donnent gratuitement à tous les ouvriers du bâtiment ; différentes leçons sur le dessin, les éléments, la théorie ou la pratique, relatifs à leurs besoins, nous nous faisons un devoir de présider à ces différentes instructions ; notre adjoint, nos professeurs et ceux des élèves les plus avancés, se font aussi un plaisir de pouvoir être de quelque utilité aux Citoyens de cette classe qui leur deviendront un jour utiles dans leurs travaux ". De plus, ces cours sont mis à la portée des " menuisiers, serruriers, marbriers, jardiniers et autres ouvriers qui font leur profession des arts mécaniques et qui ont tous besoin du dessin et de la pratique de l'équerre, de la règle et du compas ".

Les aspects caractéristiques de l'enseignement que propose BLONDEL aussi bien dans son Ecole des Arts que dans ses cours publics sont une nette défaveur de la copie de modèles, une volonté affirmée de ne pas enseigner le dessin seul, mais de rassembler autour d'un thème les connaissances afférentes et un appel au concret et à l'investissement personnel de l'élève. Il s'agit là de la mise en pratique des vues personnelles d'un éducateur, elles ne doivent rien, apparemment, à la littérature empiriste et sensualiste du XVIIIe siècle. LOCKE n'est pas cité, CONDILLAC ne pouvait être connu de BLONDEL lorsqu'il fonda ses cours, et l'EMILE ne sera publié que plus tard. D'ailleurs, BLONDEL ne fera pas école. La copie de modèles restera la méthode fondamentale de l'enseignement du dessin jusqu'à la fin du XIXe siècle.

---

(1) BLONDEL (J.F.) : Discours sur la nécessité de l'étude de l'architecture, op. cité, pp. 80 et 99, (1754).

Signalons à titre de comparaison qu'en 1774, J. WATT, qui ne s'embarrassait pas de considérations sur ce qui avait été, ni sur ce qui serait, mais qui voulait faire de la bonne machine et la vendre, rassemble tous les ouvriers de l'usine de Soho sachant lire, écrire et compter et organise un " recyclage " massif autour d'un thème concret : la machine à vapeur. On dessine, on trace des graphiques, on usine, on ajuste, on monte et l'on démonte la machine. En 1824, DUPIN (1) rappellera qu'entre 1774 et 1824, tous les mécaniciens capables, en matière de machine à vapeur, sont sortis de l'Ecole préparatoire de Soho. A cette date (1824), le sort de nos écoles d'arts et métiers est toujours incertain.

L'Ecole royale gratuite de dessin

En 1766, le peintre J.B. BACHELIER, membre de l'Académie de peinture et de sculpture depuis 1752 et directeur perpétuel de l'Académie de peinture, sculpture, d'architecture civile et navale de Marseille, présente à l'Académie un mémoire sur l'utilité de la création d'une Ecole élémentaire de dessin. Il ouvre, la même année, cette école au Collège d'Autun (rue Saint-André-des-Arts) avec une simple permission du gouvernement. L'année suivante, il reçoit ses lettres patentes et transfert son Ecole dans l'ancien amphithéâtre de chirurgie de Saint-Côme, rue de l'Ecole-de-Médecine.

Les lettres patentes font état du succès que connaît déjà l'Ecole et en rappelle le but. C'est une école dans laquelle on enseigne " les principes élémentaires de la géométrie pratique, de l'architecture et les différentes parties du dessin, pour procurer, à l'avenir, à chaque ouvrier la faculté d'exécuter lui-même, et sans secours étranger, les différents ouvrages que son génie particulier pour son art lui fait imaginer ".

Sont reçus dans l'Ecole les maîtres, les ouvriers, les apprentis et même les enfants qui ne sont engagés dans aucune profession, à condition qu'ils aient huit ans accomplis. Les formalités d'inscription sont simples : on décline son identité et on verse 12 sous de caution pour un jeton de présence. La caution est remboursée à la fin des études. Cette situation est due à l'aide de généreux donateurs, et des rentrées financières diverses, dont le paiement par les corps et communautés d'origine des maîtrises que l'Ecole est autorisée à délivrer, permet à BACHELIER de " fonder " certains élèves.

---

(1) DUPIN (Ch.) : Avantages sociaux d'un enseignement public appliqué à l'industrie, Brochure 30 pages, 1824, B.N. Vp 8823.

Les élèves admis à l'instruction sont " enclassés " suivant le métier auquel ils se destinent ou qu'ils pratiquent. En plus du cours fondamental commun de géométrie, trois genres leur sont proposés (1) :

- L'architecture qui est conseillée aux charpentiers, charrons, chaudronniers, gainiers, lapidaires, maçons, opticiens, potiers d'étain, tabletiers et tourneurs.
- Les fleurs et l'ornement pour les arquebusiers, artificiers, blondiers, bourreliers, brodeurs, couteliers, ébénistes, émailleurs, fabricants d'étoffes, de galons, de rubans, gaziers, horlogers, menuisiers, metteurs en oeuvre, selliers, serruriers et treillageurs.
- La figure et les animaux pour les argenteurs, ciseleurs, doreurs, éventailleurs, fondeurs, fourbisseurs, graveurs sur métaux et orfèvres.

Les élèves fournissent le papier, les crayons, les pinceaux, à moins qu'ils ne soient " fondés ". L'école peut recevoir 1500 élèves de 7 h du matin à 5 h 30 du soir, six jours par semaine, mais il faut comprendre qu'il s'agit d'une cumulation, l'école n'abritant jamais plus de 125 élèves qui ne suivent, en fait, que deux séances de deux heures trente par semaine.

BACHELIER, dans le mémoire reproduit par COURAJOD, donne un plan dessiné de l'amphithéâtre de Saint-Côme. C'est une grande salle octogonale où sont disposées de longues tables. Chaque élève a sa place numérotée et dispose d'un porte-dessin vitré fermant à clé. Trois hautes estrades sont réservées au professeur, à son adjoint et, éventuellement, à l'inspecteur des études. Chaque angle de l'octogone est orné de bustes de ministres et de magistrats ; aux murs sont pendus des tableaux à l'aide desquels le professeur " démontre ". Le travail est marqué, à la fin de la séance, par l'apposition d'un timbre de quantième et d'une marque de contentement ou de mécontentement. Un système de prix et de concours trimestriels et annuels donne, au bout de six années, l'espoir d'une maîtrise ou, à défaut, d'un brevet d'apprentissage. Les sujets des chefs-d'oeuvre sont donnés par la maîtrise et les professeurs et exécutés sous leurs yeux. Les calendriers des cours (2) fournissent la liste des lauréats des années passées avec leurs professions.

---

(1) COURAJOD (L.) : L'Ecole royale des élèves protégés, op. cité ; COURAJOD reproduit un mémoire de J.B. BACHELIER de 1774 sur son école. Ce mémoire n'est pas dans le recueil V 23842 de la B.N.

(2) BACHELIER (J.B.) : Recueil d'écrits divers relatifs à l'école depuis sa création jusqu'en 1793, B.N. V 23842. Cf. également de ROSOY.

On trouve bien un échantillonnage des professions énumérées précédemment.

Contrairement aux autres écoles, l'Ecole gratuite de dessin survivra au décret du 8 août 1793 sous la direction de BACHELIER et deviendra plus tard l'Ecole des arts décoratifs (1).

On peut remarquer à propos de cette Ecole que, dans son premier état, il s'agit d'un cours à temps partiel " qui a pour but d'enseigner gratuitement à des ouvriers ou des enfants sans fortune les principes élémentaires de la géométrie pratique, de l'architecture et des différentes parties de dessin relativement aux arts mécaniques " (1776). Cela justifie la belle devise latine qui, paraît-il, ornait le fronton de l'amphithéâtre Saint-C[illegible] (2) : " Ici n'est pas l'école du peintre et du sculpteur ; nos ateliers ne s'ouvrent qu'à l'ouvrier seulement " . La méthode de BACHELIER est la copie de modèles dessinés. " L'objet de l'institution étant, comme on ne peut trop le répéter, d'enseigner les principes élémentaires du dessin relatifs aux arts mécaniques seulement, comme il n'est pas possible de faire usage des traités ou cours complets qui existent sur les arts en général, ils sont trop compliqués et plus spécialement adaptés, l'école a fait graver un nombre considérable de planches toutes de la même dimension ". BACHELIER se préoccupe beaucoup de la gravure et la reproduction de ces planches qu'il se propose de vendre aux écoles et académies de province. L'élève de l'Ecole royale gratuite peut emporter les planches chez lui pour y travailler, mais la copie est soutenue par l'action du professeur ou de son adjoint, qui doit faire alterner l'enseignement collectif (démonstrations) et l'enseignement individualisé en indiquant " à mi-voix et particulièrement à chaque élève la manière dont il doit s'y prendre pour exécuter le dessin qu'il a sous les yeux, de lui conduire la main s'il est nécessaire et lui montrer l'usage des instruments dont il doit se servir et voir s'il entend et met en pratique ce qu'il lui a démontré et enfin d'employer tout le temps de l'exercice à suivre successivement et sans discontinuation tous les élèves qui sont dans la partie dont il est chargé " (1774).

---

(1) LÉON (A.) : La Révolution..., op. cité, p. 245, (1968).
Les lettres patentes du 20 octobre 1767 autorisaient BACHELIER à ouvrir sous le même titre " dans notre bonne ville de Paris (des écoles) en faveur des jeunes gens qui se destineront aux arts mécaniques et aux différents métiers ". Il semble qu'une succursale fut ouverte en 1787 à l'Hôpital des Enfants trouvés (LEON).

(2) GUINOT (J.P.) : Formation professionnelle et travailleurs qualifiés depuis 1789, op. cité, (1946).
BACHELIER ne parle pas de cette devise.

Le rôle de la géométrie est fondamental dans le système de BACHELIER, Dans chacun de ses écrits il revient sur cette idée : " L'éducation commence par la géométrie : elle seule peut arrêter les écarts de l'imagination, la contraindre dans les bornes de la raison " (1766). " L'instruction dans tous les genres commence par la géométrie ... c'est rendre un grand service aux arts que d'élever la jeunesse dans les principes de la géométrie " (1774).

Dans son mémoire sur l'éducation des jeunes filles, il se montre encore plus radical : " On ne doit entreprendre le travail des arts mécaniques qu'après avoir étudié deux ans au moins les éléments de la géométrie pratique et du dessin.

Ce que BACHELIER cherche désespérément - lui dont la spécialité était la peinture des fleurs sur la faïence - c'est la rationalité. " Les arts mécaniques envisagés dans la multitude de leurs productions présentent au premier coup d'oeil un ensemble effrayant attendu le nombre et la variété des procédés. Mais en établissant des principes sur les rapports des moyens sans avoir égard à la forme et à la qualité des matières, on parviendra cependant à simplifier l'idée que présente leur universalité " (1772).

" La connaissance de tous les procédés des arts forcera l'intelligence des élèves à s'exercer sur un plus grand nombre d'idées en leur fournissant de nouvelles applications combinées sur une multitude de rapports ignorés " (1789). Par exemple, il ne voit pas pourquoi le " trait " serait l'apanage d'une profession. Les arts que l'on nomme exacts " tels la géométrie, la perspective, la coupe des pierres en architecture et ses dépendances,... n'ont qu'une manière d'être " (1774). Cette remarque est particulièrement importante dans la mesure où elle annonce MONGE et la géométrie descriptive.

Les cours révolutionnaires

Par arrêté du Comité de Salut public du 2 février 1794, un millier de citoyens, venus de toutes les régions de France, se rassemblent à Paris pendant un mois, du 19 février au 19 mars 1794, pour y suivre " des cours révolutionnaires pour les armes, les poudres et le salpêtre ". Les cours professés par MONGE (1), BERTHOLLEY, GUYTON de MORVEAU FOURCROY, HASSENFRATZ et PERIER sont suivis de séances pratiques et se terminent par une fête du salpêtre ; puis les stagiaires, devenus des

(1) C'est probablement pour ces cours que MONGE rédigea son " Art de fabriquer les canons " dont il a été fait état dans la première partie de cette étude, p. 25.

sortes de commissaires politiques et techniques, retournent dans leurs provinces pour y assurer la diffusion des enseignements reçus et répandre " l'influence de la chaleur révolutionnaires sur toutes les opérations nouvelles et sur tous les arts " (1).

Il semble, d'après PAYEN (2), qu'ils aient été assez fraîchement reçus dans les manufactures, où l'on devait les trouver trop politiques et pas assez techniciens. Pourtant, les cours révolutionnaires gardèrent valeur d'exemple et, en mai 1794, la Convention demande " un projet de décret tendant à propager l'instruction publique sur le territoire entier de la République par des moyens semblables à ceux qui ont été employés pour les armes, la poudre et le salpêtre " (3).

Cette Ecole normale ouvre ses portes le 20 janvier 1795 (1er pluviose an III) dans l'amphithéâtre du Museum d'histoire naturelle. 1200 à 1500 citoyens (quatre par district) sont présents. Le compte rendu de la première séance ne manque pas de grandeur. Bannissant les discours d'ouverture et autres " bavardages académiques " ... " on a commencé la séance par la lecture des décrets de la Convention nationale pour l'établissement des Ecoles normales. A l'annonce de cette loi, tous les élèves et tous les spectateurs se sont découverts, ils se sont levés d'un mouvement spontané, comme pour mieux l'écouter et par respect pour elle. Quel discours eût pu faire une aussi vive impression ? La présence des Représentants du peuple, des plus habiles professeurs et de leurs élèves rassemblés de tous les points de la République, tout cela parlait assez éloquemment ".

" Les citoyens LAPLACE, HAÜY et MONGE ont occupé tour à tour le fauteuil. Après avoir fait la lecture de leurs programmes, ils ont donné leur première leçon, ils étaient écoutés dans le plus profond silence, et à plusieurs reprises on les a vivement applaudis ".

" Cette première séance des Ecoles normales fera sûrement époque dans l'histoire de la Révolution française, ainsi que dans les annales des connaissances humaines " (4).

---

(1) LÉON (A.) : BARRERE cité par LEON, in La Révolution..., op. cité, p. 156, (1968).

(2) PAYEN (J.) : Capital et machine à vapeur au XVIIIe siècle, op. cité,

(3) LÉON (A.) : La Révolution..., op. cité, p. 156.

(4) COLLECTIF : Livre national, séances des Ecoles normales recueillies par des sténographes et revues par les professeurs, PARIS, Imp. du Cercle social, op. cité, (1800), pp. 6 - 8.

L'avertissement du recueil des séances précise le but des Ecoles normales (le pluriel indiquant probablement une volonté de ne pas s'en tenir à cette seule première session de trois mois et demi). " Enfin, le but des Ecoles normales, c'est l'instruction des citoyens d'une république, où la parole exercera une grande influence et même une puissance ; il est donc bien important que cette puissance ne soit pas séparée de celle de la vérité et on a cru que pour cela était un bon moyen d'exercer les hommes à parler dans les écoles consacrées à l'enseignement des sciences les plus exactes et où la vérité qui aurait été méconnue ou combattue pourra être toujours démontrée d'une manière rigoureuse " (1).

Cet objectif pourrait paraître en contradiction avec le mépris manifesté pour les discours académiques s'il n'était explicité par la suite : " on a voulu que le professeur, dans chaque genre, présentât la science et la méthode et que l'Ecole toute entière les discutât " (2).

Les cours devront être parlés et dialogués. Les sténogrammes des cours, distribués aux élèves, sont destinés à fixer les contenus et à alimenter les discussions, d'une séance à l'autre. Leur lecture fait surgir quelque doute sur la portée de ce mode d'enseignement quand il s'adresse à un rassemblement aussi important et aussi disparate que les 1500 stagiaires de l'an III. La brièveté des séances (2h 1/4) ne devait pas permettre un dialogue approfondi. La qualité même des professeurs nous semble avoir été un handicap. LAPLACE, dans sa première intervention, s'attaque à la numérotation et fait l'éloge du binaire et développe quelques exemples de changements de base (binaire, décimale, duodécimale). C'était probablement aller un peu vite et dépasser les attentes et les possibilités d'absorption des auditeurs, et nous n'avons, à l'exception de réflexions accidentelles, rien trouvé dans les comptes rendus qui puisse s'apparenter à l'exposé d'une méthode pédagogique. Ceci explique peut-être que les écoles de district , que les stagiaires devaient mettre en place sur tout le territoire de la République, ne s'ouvrirent jamais.

Quant à l'esprit républicain, s'il anime manifestement professeurs et élèves, il ne fait pas l'objet d'exposés particuliers. BERNARDIN de SAINT-PIERRE devait bien donner un enseignement de la morale, mais dans une intervention liminaire, spirituelle et inconsistante, il déclare ne pas avoir eu le temps de préparer matériellement son cours et

---

(1) Séances des Ecoles normales, p. 5, op. cité, (1800).

(2) Séances des Ecoles normales, p. 11, op. cité, (1800).

en remet l'exposé à plus tard. VANDERMONDE ne met rien d'intéressant sous le titre d'économie politique. Bien que son cours ait dû passablement dérouter de futurs formateurs d'instituteurs, le seul professeur qui ait essayé d'associer un contenu, des objectifs et une pédagogie, est Gaspard MONGE, qui donne à cette occasion un enseignement public de sa géométrie descriptive qui nous est parvenue sous sa forme originelle par les sténogrammes de ses cours (1), alors que nous n'avons pour les cours de l'Ecole centrale des travaux publics commencés un mois avant que le plan de la main de MONGE.

TATON (2), comparant le plan de l'Ecole centrale des travaux publics au texte des séances de l'Ecole normale et aux explications données par MONGE lors des séances de discussion, dégage deux traits de la démarche pédagogique préconisée.

Le premier, c'est la rationalité discursive qui, partant de deux définitions : celle du point et de la distance d'un point à une surface, justifie l'utilisation des projections sur deux plans " naturels " orthogonaux pour fixer la position d'un point dans l'espace et enchaîne sur la ligne les surfaces définies comme engendrées par le déplacement d'une ligne et les corps constitués de surfaces limitées. Cet ordre intellectuel s'oppose à l'ordre sensualiste de CONDILLAC (réponse de MONGE à un élève) qui est inverse.

Le second, c'est le souci, même s'il n'est pas très apparent dans les " séances ", de passer rapidement à des applications utiles, incluant des connaissances qui dépassent largement les techniques graphiques de la géométrie descriptive. " Un cours simplement oral serait absolument sans effet, dit MONGE, il est donc nécessaire pour le cours de géométrie descriptive que la pratique et l'exécution soient jointes à l'audition des méthodes ".

A cet effet, MONGE énumère des applications parmi lesquelles " deux sont remarquables, et par leur généralité, et par ce qu'elles ont d'ingénieux : ce sont les constructions de la perspective, et

---

(1) COLLECTIF : Séance des Ecoles normales..., op. cité. Plusieurs éditions successives, nous nous référons à celle de 1800 où n'apparaît pas le dessin de machines annoncées, ni les théories des ombres et de la perspective que MONGE n'a pas reprise, les sténogrammes étant trop infidèles.
MONGE (G.) : Géométrie descriptive, op. cité, (1799).
MONGE (G.) : Géométrie descriptive, augmentée d'une théorie des ombres et de la perspective extraite des papiers de l'auteur par M. BRISSON, PARIS, COURCIER, 4e éd., 1820.

(2) TATON (R.) : L'oeuvre scientifique de MONGE, PARIS, P.U.F., 1951.

la détermination rigoureuse des ombres dans le dessin... Ensuite on appliquera la méthode de projection aux constructions graphiques, nécessaires au plus grand nombre... des arts, tels que le trait de la coupe des pierres, ceux de la charpenterie... et à la représentation et la détermination des éléments des machines, au moyen desquelles l'homme, mettant à contribution les forces de la nature, ne se serve, pour ainsi dire, dans ses opérations, d'autre travail que celui de son intelligence " (1).

MONGE préconise l'ouverture d'écoles de géométrie descriptive dans chacun des districts de la République et de cours dans toutes les écoles secondaires. L'objectif qu'il leur assigne est particulièrement ambitieux, il ne s'agit pas moins que de changer la société " en dirigeant, en premier lieu, l'éducation nationale vers des connaissances qui exigent de l'exactitude. Il faut, en second lieu, rendre populaire la connaissance d'un grand nombre de phénomènes naturels. Il faut enfin répandre parmi nos artistes la connaissance des procédés des arts, et celle des machines... On ne peut remplir toutes ces vues qu'en donnant à l'éducation nationale une direction nouvelle ", c'est-à-dire en enseignant la géométrie descriptive :

- aux ouvriers " dont le but est de donner aux corps certaines formes déterminées afin qu'ils puissent un jour donner une plus grande précision à leur travail ",
- aux consommateurs qui, " devenus sensibles à l'exactitude, pourront l'exiger dans les divers ouvrages, (et) y mettre le prix nécessaire ",
- à tous ceux qui ont une fortune acquise qui seront " en état de faire de leurs capitaux un emploi plus utile pour l'industrie et pour la nation ",
- aux hommes en général " qui (trouveront) du plaisir dans l'exercice de leur intelligence, que presque tous regardent comme pénible et fastidieux ",
- à la nation française et à l'humanité toute entière puisque la géométrie descriptive " est propre à exercer les facultés intellectuelles d'un grand peuple... par là (à) augmenter la puissance nationale et à contribuer au perfectionnement de l'espèce humaine ".

---

(1) A l'Ecole normale les applications se font par petits groupes dans la chapelle de la Sorbonne aménagée à cet effet sous la direction de MONGE et avec l'aide de deux professeurs adjoints : LACROIX et HACHETTE.

" Si donc, conclut MONGE, on avait établi dans toutes les villes un peu considérables des écoles secondaires, dans lesquelles les jeunes gens dès l'âge de douze ans, et qui se destinent à la pratique de quelques-uns des arts, auraient été exercés pendant deux années aux constructions graphiques, et familiarisés avec les principaux phénomènes de la nature, dont la connaissance leur est indispensable ; (cela), en développant leur intelligence, et en leur donnant l'habitude et le sentiment de la précision, aurait contribué, de la manière la plus certaine au progrès de l'industrie nationale, et, en les accoutumant à l'évidence les garantirait pour toujours de la séduction des imposteurs de tous les genres " (1).

La réponse à ce plaidoyer sera l'instauration, par un décret de février 1795, d'Ecoles centrales dans chaque département. La première section de ces Ecoles, accessibles aux élèves de douze ans, comportera au premier rang l'enseignement du dessin. Mais cet enseignement ne répondra pas au souhait de MONGE pour deux raisons.

L'enseignement des mathématiques, qui dans l'esprit de son cours devait être intimement lié à celui du dessin, est reporté au niveau de la deuxième section qui, elle, ne comporte plus de dessin et la diffusion de la géométrie descriptive par le moyen des écoles (normales) de district ne s'étant pas faite, ce seront surtout les anciens professeurs des Académies et Ecoles de dessin qui donneront, chacun comme il l'entendra ou comme il le pourra, des cours qui manqueront de la rigueur attendue. Cependant, faute de mieux, ces cours seront très suivis tant que dureront les Ecoles centrales, c'est-à-dire jusqu'en 1802.

Nous retiendrons la date de 1795 comme première étape de notre étude. Trois ans plus tôt, le décret d'ALLARDE des 2 et 17 mars 1791 et la loi LECHAPELIER des 14 et 27 juin 1791 ont supprimé les maîtrises, jurandes et toutes espèces de corporations de citoyens de même état et profession, et celui du 8 août 1793 les Académies. Il s'ensuivra une longue période d'incertitude et d'essais tâtonnants pour donner de nouvelles bases à l'apprentissage du métier et à la formation des cadres. De cela sortira l'enseignement technique supérieur, déjà en ges-

---

(1) On ignore pourquoi MONGE a employé ici le conditionnel. TATON signale que MONGE avait présenté un plan pour des écoles de dessin destinées aux ouvriers et artisans qui ne fut pas retenu. Peut-être est-ce en pensant à ce plan avorté, dans lequel la géométrie descriptive tenait la première place, qu'il s'exprime.
TATON (R.) : L'oeuvre scientifique de MONGE, op. cité, (1951).

tation sous l'ancien régime, et l'enseignement professionnel de masse qui naîtra bien plus tardivement puisque la loi sur l'apprentissage du 4 mars 1851 n'ayant eu aucun effet, il faudra attendre la loi ASTIER du 29 juillet 1919 pour que soit instaurée l'obligation de suivre des cours professionnels pour les apprentis avec ou sans contrat jusqu'à 18 ans. Cette période de plus d'un siècle, riche en projets, plans, décrets, lois, relatifs à l'apprentissage, et qui a été étudiée en détail par plusieurs auteurs (1), se double d'une prolifération d'initiatives prises en faveur de la formation professionnelle dont beaucoup s'articuleront sur le dessin technique considéré, à tort ou à raison, avec des acception et des contenus divers que nous nous efforcerons de préciser, par référence à notre notion de graphisme technique, comme le " langage " du technicien.

(1) GUINOT (J.P.) : Formation professionnelle et travailleurs qualifiés..., op. cité.
QUEF (P.) : Histoire de l'apprentissage, op. cité, (1964).
LÉON (A.) : Histoire de l'éducation technique, PARIS, P.U.F., Que sais-je ? , 1961.

II - MONGE ET LES AVATARS DE LA GEOMETRIE DESCRIPTIVE

1 - SITUATION DE LA GEOMETRIE DESCRIPTIVE

Il est admis qu'une invention est suscitée par un besoin ; elle est, de ce fait, rarement localisable et attribuable. On parle de la nécessité de l'invention, on dit qu'elle est " dans l'air ", d'une façon ou d'une autre elle doit naître. Si la géométrie descriptive devait être considérée comme une invention, on pourrait dire qu'elle était plus nécessaire au Moyen Age pour la construction des cathédrales qu'au XVIIIe siècle, plus utile à VAUBAN qu'aux architectes de la première moitié du XIXe siècle. LA GOURNERIE (1) soutient même qu'à la diffusion de la géométrie descriptive correspond une décadence relative dans l'art de bâtir. " Ainsi, en examinant un grand nombre d'édifices dans différentes parties de la France, je suis arrivé à conclure que le nombre de bons appareilleurs est maintenant moins grand, eu égard à la quantité considérable de travaux de maçonnerie que l'on exécute, que dans le XVIIe et le XVIIIe siècle ".

Quant aux charpentiers, leur grande époque (marine en bois) tirait à sa fin. Déjà ils mutaient vers la construction semi-métallique. La première charpente métallique date de 1780 et le premier chalan en fer de 1787. Certes, la géométrie descriptive rendra de grands services - par la suite - aux chaudronniers (machines à vapeur, réservoirs) ; mais par la suite seulement, et MONGE n'en dit pas un mot dans ses applications.

MONGE lui-même reconnaît qu'il existait, avant la découverte des considérations géométriques sur lesquelles il se fonde, des méthodes graphiques qui, si elles ne valaient pas les siennes sur le plan de la rationalité et de la clarté, étaient opérantes puisqu'elles avaient été celles des artisans et, en particulier, des appareilleurs et des charpentiers des siècles passés.

DÜRER, au XVIe siècle, avait ébauché, pour les besoins des peintres, une méthode assez proche de celle de MONGE sans pousser très loin la théorie ; MAROLOIS et DESARGUES, au XVIIe, avaient élaboré " une art du trait " un peu plus cohérent que celui de leurs

Fig.114
Fig.115

(1) LA GOURNERIE (J. de) : Traité de géométrie descriptive (texte et atlas), PARIS, GAUTHIER-VILLARS, 6 tomes, 1873-1885.

prédécesseurs inconnus ; FRÉZIER, cinquante ans plus tôt, avait collationné, critiqué et classé les méthodes graphiques en usage (1). Après MONGE, BRADLEY (1836) publiera en Angleterre sa " géométrie pratique " qui s'inspirera encore de la géométrie euclidienne. On peut donc dire, en faisant l'hypothèse de l'absence de MONGE, qu'à défaut de la géométrie descriptive, les praticiens disposaient de méthodes graphiques efficaces et même d'une théorie générale suffisante.

Nous avons vu comment BOSSE (2) résolvait le problème des vraies grandeurs pour une pierre à double pente par une construction à plat, basée sur le tracé de triangles fictifs, difficile à saisir, surabondante et lourde ; le même problème traité par MONGE est éblouissant de clarté. MONGE cherche les vraies grandeurs (méthode générale) sur les projections mêmes du corps et avec trois rabattements tout est résolu ; mais MONGE nécessite une épure soignée à la planche, tandis que le tracé de BOSSE pouvait se faire avec les outils du chantier et donnait directement l'ouverture des biveaux. De même pour les charpentiers qui, rappelle LEROY (3), " n'ayant pour principal instrument que le fil à plomb, sont obligés de tracer leurs dessins sur une aire horizontale qui n'est autre que le sol même convenablement choisi et préparé ". Fig.41 Fig. 168-170

Dans une réponse à ARAGO et DUPIN qui avaient affirmé qu'avant DESARGUES et MONGE la science de la coupe des pierres et de la coupe du bois n'existait pas et que la routine était tout pour les ouvriers, PERDIGUIER (4) rétorque : " Quoi, DESARGUES et MONGE, dont les écrits parurent dans les XVIIe et XVIIIe siècles, sont tout ce que vous dites ? Quoi, avant eux la classe ouvrière était sans science, et les moyens de tailler la pierre ou le bois leur étaient totalement inconnus ? ... Ne savons-nous pas que les modèles précisent la théorie, et que les plus belles cathédrales étaient debout quand DESARGUES et MONGE vinrent nous apprendre à tailler la pierre et le bois ? Nous savons tout cela et il ne sera guère facile de nous faire croire ce qui ne peut être la vérité. Messieurs les savants, honorez vos semblables, rendez justice à leurs efforts, nous nous joindrons à vous ; mais ne nous dénigrez pas, ne faites pas de nous d'absurdes machines ; ne nous dépouillez pas de la pensée, ne nous contestez plus la légitime possession du capital scientifique qui est à nous, que nous nous transmettons de génération en génération, sans bruit, à l'insu des pouvoirs, et de vous-mêmes, et cela depuis la nais-

(1) Cf. supra, première partie, page 43.

(2) Cf. supra, première partie, page 41 et Atlas, figure 41.

(3) LEROY (C.F.A.) : Traité de stéréotomie, op. cité, (1890).

(4) PERDIGUIER (A.) : Biographie de l'auteur ..(1846).

sance des métiers ".

D'ailleurs, avoir des méthodes graphiques plus cohérentes, plus pures, plus simples, ne veut pas dire que l'on sache mieux faire des épures. C'est du moins l'avis de LA GOURNERIE (1) : " La stéréotomie, la perspective, la gnomonique étaient considérées autrefois comme des arts sérieux et qui doivent être étudiés avec soin. Depuis que MONGE a montré que leurs tracés peuvent être ramenés à un petit nombre d'opérations élémentaires, on en a conclu que leurs difficultés étaient nulles, et que quelques études de géométrie descriptive suffisaient pour se familiariser avec leurs méthodes ".

Cela ne veut pas dire non plus que l'on sache mieux construire. Jusqu'à MONGE, on traçait les coques des navires en bois par des méthodes rudimentaires, si la géométrie descriptive permet de tracer des formes par la recherche d'intersections avec points multiples, cela ne donne pas de formes nouvelles. Les formes nouvelles sont d'origine inductive ou expérimentale . Il ne semble pas, contrairement à l'opinion de TATON, que MONGE ait entendu par géométrie descriptive un art de la construction incluant la technologie. MONGE demande plus exactement d'associer la technologie à la géométrie descriptive. Après MONGE, le tracé précis des intersections des surfaces n'empêcha pas les chaudières d'exploser, et il est faux de prétendre comme BELL, cité par ARTZ (2), que " sans la géométrie descriptive, la fabrication massive des machines au XIXe siècle eut été impossible ". Si les machines et les éléments commencent à être dessinés en vue de la fabrication (cotation), la mécanique et, d'une façon générale,les modèles mathématiques permettant de calculer les dimensions des formes en fonction des contraintes, sont encore peu nombreux et incertains, et c'est là le vrai point faible de la construction.

En somme, les praticiens auraient pu se passer de la géométrie descriptive ; les exemples des méthodes graphiques en usage antérieurement à MONGE et ceux de l'Angleterre qui, pour différentes raisons, n'adopta la géométrie descriptive qu'à la fin du siècle et n'en connut pas moins une révolution industrielle qui lui donna une bonne vingtaine d'années d'avance sur la France, ou des Etats-Unis qui ne firent connaissance avec MONGE que très tardivement, le prouvent. Déjà, au début du XIXe siècle, les vrais problèmes techniques se posaient avec plus d'acuité au niveau de la maîtrise des modèles physiques qu'au niveau des modèles graphiques

---

(1) LA GOURNERIE (J. de) : Traité de géométrie descriptive, op. cité.
(2) ARTZ (F.B.) : L'éducation technique..., op. cité.

Par contre, l'enseignement avait besoin d'une théorie valorisante. C'est en ce sens que la synthèse magistrale que donne MONGE des pratiques courantes vient à son heure et s'impose là où effectivement les conditions sont réunies, c'est-à-dire là où il y a des auditeurs potentiels et des enseignants préparés. Les 24 ouvrages de géométrie descriptive publiés en France du vivant de MONGE et les 26 ouvrages dans les pays européens, recensés par CUNNINGHAM en 1868 (1), montrent que les éditeurs et les auteurs ne s'y sont pas trompés.

Ce qu'il faut examiner, c'est la diffusion de la géométrie descriptive et son adaptation didactique, dans la mesure où c'est possible, au travers de l'enseignement distribué dans les écoles techniques et de l'analyse des ouvrages de dessin technique ; puis d'en examiner les effets sur les pratiques industrielles et sur la manière de voir et de résoudre des problèmes dans l'espace.

Il serait intéressant aussi de voir comment les élèves formés furent, par la suite, des agents de changement dans les industries où ils étaient employés, et quel rôle ils jouèrent dans la vie sociale du pays. On sait déjà quel élan animera les anciens élèves de l'Ecole poytechnique regroupés dans l'Association polytechnique qui se donnera pour but de " répondre parmi les classes laborieuses les premiers éléments des sciences positives, surtout dans leur partie applicable ". Il serait bien osé de mettre cela à l'actif de la seule géométrie descriptive, mais peut-être pouvons-nous admettre qu'il s'agit d'une marque de fidélité des élèves de l'Ecole à leur Maître qui " aspirait de tout son coeur aux réformes qui devaient amener, espérait-il, la disparition définitive des inégalités sociales et qui devaient permettre l'accès de tous à l'instruction et, par une administration plus juste et par les progrès des techniques, une amélioration décisive des conditions de vie des classes sociales les plus défavorisées " (2).

De même, il faudrait savoir comment, par la suite, des théories relatives au dessin : solides géométriques, cotation d'usinage, cotation fonctionnelle, nées de la réflexion de pédagogues, se sont répandues dans les bureaux de dessin.

En somme, nous avons à faire, pour la période qui va de 1800 à nos jours, le bilan des apports mutuels industrie-école, ou école-industrie et, éventuellement, celui des relations école et société dans la mesure où l'étude, limitée à l'enseignement du graphisme technique, nous le permet.

(1) BOOKER (P.J.) : A history..., op. cité, p. 130.
(2) TATON (R.) : L'oeuvre scientifique de MONGE, op. cité, p. 359, (1951).

2 - MONGE ET LES GEOMETRES DE SON ECOLE

Les contenus de la géométrie descriptive de MONGE, tels qu'ils ressortent du sommaire des séances de l'Ecole normale et de la géométrie descriptive de 1799, se répartissent en cinq chapitres , complétés par quelques applications.

La première partie donne les définitions de base, la manière d'obtenir une vraie grandeur et les solutions à neuf questions élémentaires de géométrie projective, aujourd'hui classiques (construction de projection, intersections et angles de droites et de plans). La seconde traite des plans tangents à des surfaces courbes, la troisième des intersections des surfaces courbes, la quatrième des applications et la cinquième de la courbure et des développées des courbes à double courbure.

Ces contenus sont relativement restreints. La projection des solides n'est abordée qu'accidentellement à la fin de la deuxième leçon : " Ce serait ici le lieu d'indiquer ma manière dont se construisent les projections des solides terminés par des plans et des arêtes rectilignes ; mais il n'y a pour cette opération aucune règle générale : on sent en effet que, selon la manière dont la position des sommets des angles d'un solide est définie, la construction de leurs projections peut être plus ou moins facile et que la nature de l'opération doit dépendre de celle de la définition " (1).

Nous aurons l'occasion, dans le chapitre suivant, d'examiner l'influence de MONGE sur la recherche d'une méthode de représentation des solides, mais nous devons souligner ici une caractéristique importante de sa géométrie descriptive : après avoir démontré que la définition d'un point peut se faire par rapport à trois points de l'espace, à trois droites ou à trois plans non parallèles, MONGE ajoute : " Dans la géométrie descriptive qui a été pratiquée depuis beaucoup plus longtemps par un plus grand nombre d'hommes et par des hommes dont le temps était précieux, les procédés sont encore simplifiés, et au lieu de la considération de trois plans on est parvenu, au moyen des projections, à n'avoir plus besoin explicitement que celle de deux ".

Bien que théoriquement l'angle des deux plans sur lesquels

---

(1) MONGE (G.) : Géométrie descriptive, op. cité, (1799), pp. 15-16. Les citations qui suivent, jusqu'à la fin du chapitre, sont extraites des sténogrammes des cours de MONGE à l'Ecole normale de l'an III (édition de 1800).

se font les projections puisse être quelconque, MONGE adopte " par facilité " les deux plans coordonnés orthogonaux. " La nécessité de faire en sorte que dans le dessin les deux projections soient sur une même feuille et que dans les opérations en grand elles soient sur une même aire, a encore déterminé les artistes à concevoir que le plan vertical ait tourné autour de son intersection avec le plan horizontal et ne former avec lui qu'un seul et même plan horizontal, et à construire leurs projections dans cet état. Ainsi la projection verticale est toujours Fig.170
tracée sur un plan horizontal et il faut perpétuellement concevoir qu'elle soit dressée remise en place au moyen d'un quart de révolution, donc il faut que l'intersection soit tracée très visible sur le dessin ". La référence aux pratiques des " artistes " antérieurs entraîne donc MONGE à travailler dans le premier quadrant, à projeter sur deux plans orthogonaux " naturels " et à marquer fortement la place immuable de l'intersection des deux plans de projection à laquelle il conserve l'ancienne appellation de " ligne de terre ".

MONGE et les géomètres de son école ont pensé qu'il y avait des inconvénients à changer le système des plans de projection naturels et qu'il était incongru de modifier la position normale d'un corps. Ces scrupules leur ont fait rejeter l'utilisation des plans de projection auxiliaires et des changements de plans, méthodes qui ne leur étaient pourtant pas inconnues puisque DESARGUES et FRÉZIER les avaient utilisées.

En 1843 seulement, OLIVIER (1) admettra qu'on peut abandonner, pour la solution de certains problèmes, " les plans de projection qui, d'après la nature des données, ont été choisis pour la représentation du système géométrique que l'on considère et d'en prendre d'autres sur lesquelles les grandeurs des inconnues se manifestent immédiatement ". Il donne deux méthodes : soit le rabattement des plans auxiliaires devant le système fixe, soit la rotation du système devant les premiers plans.

De LA GOURNERIE, en 1854, se montre encore sceptique quant à l'utilisation des changements de plans. " Si cette méthode a été bien accueillie par quelques professeurs qui peut-être ne connaissaient pas l'ancien art du trait, c'est qu'elle s'est adressée à des géomètres et non à des constructeurs, qu'elle s'est occupée de problèmes abstraits

---

(1) OLIVIER (Th.) : Cours de géométrie descriptive, PARIS, CARILIAN-COEURY, 1852, (1ère éd. 1843).

et non d'application " (1). Sauf " cas exceptionnels ", de LA GOURNERIE préfère s'en tenir à la méthode préconisée par MONGE : la rotation ou le rabattement des plans contenant les éléments dont on veut obtenir la projection en vraie grandeur ; rotation ou rabattement que de LA GOURNERIE appelle " opérations partielles " et qui amènent le plan dans une position remarquable par rapport aux plans coordonnés de projection.

Pour la construction des intersections, MONGE utilise des systèmes de plans parallèles. Lors de la construction de " l'intersection d'une surface cylindrique donnée par un plan donné de position," Fig.171 cas dans lequel on suppose que la génératrice de la surface soit perpendiculaire à l'un des plans de projection, par exemple, au plan horizontal, et que le plan coupant soit perpendiculaire à " l'autre ", les points de l'intersection sont donnés par un système de plans verticaux " perpendiculaires au plan vertical de projection ". L'intersection se projette en vraie grandeur sur le plan vertical après une rotation du plan coupant autour d'une charnière telle que celle donnée par l'intersection du plan coupant et d'un plan parallèle au plan vertical passant par l'axe du cylindre ou par l'intersection du plan coupant et du plan vertical si celui-ci n'est pas trop éloigné du cylindre.

MONGE souligne à propos des intersections l'identité des méthodes de l'algèbre et de la géométrie. Les constructions graphiques de la géométrie descriptive correspondent à la méthode d'élimination en algèbre où les points d'intersection seraient définis par ce qu'il y a de commun entre trois équations, et l'intersection elle-même entre deux équations. " Ce n'est pas sans objet que nous comparons ici la géométrie descriptive à l'algèbre, écrit MONGE ; ces deux sciences ont les rapports les plus intimes. Il n'y a aucune construction de géométrie descriptive qui ne puisse être traduite en analyse ; et lorsque les questions ne comportent pas plus de trois inconnues, chaque opération analytique peut être regardée comme l'écriture d'un spectacle de géométrie ". " Il serait à désirer, poursuit MONGE, que ces deux sciences fussent cultivées ensemble. La géométrie descriptive porterait dans les opérations analytiques les plus compliquées l'évidence qui est son caractère ; et à son tour, l'analyse porterait dans la géométrie la généralité qui lui est propre ".

L'idée de définir la position d'un point par ses coordonnées est ancienne. Les marins avec la longitude et la latitude, les géographes avec les cotes, ont employé des sortes de méthodes mixtes.

---

(1) LA GOURNERIE (J. de) : Traité de géométrie descriptive..., op. cité, (1873-1885), p. 9.

DESCARTES, dans une étude sur " les matières de la géométrie " faisant suite au " Discours " (1637), passe de l'équation d'une courbe dans le plan à l'équation dans un espace à trois puis à " n " dimensions et déduit algébriquement l'équation d'une droite de l'équation des deux plans dont elle est l'intersection.

On peut se demander pourquoi MONGE, dans ces conditions, n'a pas développé lui-même, à l'intention des professionnels, une géométrie analytique symétrique de sa géométrie descriptive ou une géométrie cotée qui l'eût complétée, alors qu'il a incité les géomètres de son école comme J.B. MEUSNIER de LA PLACE et DUPIN, qui furent ses élèves, à suivre cette voie, déjà explorée par LACROIX (1) qui avait publié, en 1795, une " géométrie descriptive ou stéréographie " et composé la plus grande partie de son " essai sur la géométrie à trois dimensions " à l'époque où il devint professeur à l'Ecole polytechnique (deuxième promotion). DUPIN (2), qui dédie ses " développements de géométries " à son " illustre Maître ", utilise " les deux méthodes de la géométrie pure ou rationnelle et de la géométrie analytique, chacune d'elles (pouvant) parvenir aux mêmes résultats par les moyens qui lui sont propres ". De même HACHETTE (3), dans sa " géométrie à trois dimensions ", fait alterner la géométrie descriptive ou synthétique et la géométrie algébrique ou analytique. Abordant par un autre biais le problème de la métrique ou géométrie, PONCELET (4) et CHASLES démontreront la plupart des propriétés projectives de la géométrie descriptive de MONGE par la théorie des transversales, fondant ainsi la géométrie projective comme branche autonome de la géométrie.

OLIVIER (5) avance que MONGE, qui était un bon analyste (6), a bien eu l'intention de reprendre sa géométrie descriptive en la doublant d'une étude algébrique des problèmes, mais qu'il ne l'a pas fait par manque de temps. Notre version est que, sans aller jusqu'à soutenir qu'il convenait de hiérarchiser les approches comme cela se fera en

---

(1) LACROIX (S.F.) : Essai de géométrie sur les plans et les surfaces courbes (éléments de géométrie descriptive), op. cité, (1802).

(2) DUPIN (Ch.) : Développement de géométrie pour faire suite à la géométrie descriptive et à la géométrie analytique de M. MONGE, texte et atlas, PARIS, COURCIER, 1813.

(3) HACHETTE (M.) : Eléments de géométrie à trois dimensions, PARIS, COURCIER, 1817.

(4) PONCELET (J.V.) : Traité des propriétés projectives des figures, PARIS, BACHELIER, 1822.

(5) OLIVIER (Th.) : Cours de géométrie descriptive, op. cité, préface, (1843).

(6) MONGE (G.) : Feuilles d'analyse appliquée à la géométrie à l'usage de l'Ecole polytechnique, PARIS, BAUDOUIN, 1801.

Angleterre dans la deuxième moitié du XIXe siècle (1) où, au niveau de l'ouvrier le concept développé est celui de la vue ou de la représentation picturale, au niveau scolaire celui de projections orthographiques, et au niveau de l'ingénieur celui de l'analyse mathématique ; MONGE a pensé qu'une science qui permet de résoudre des problèmes d'angles, de dimensions, de positions, d'intersections, en opérant graphiquement sur des êtres graphiques, convenait tout à fait à des professionnels, même si " certaines questions faciles à résoudre par l'analyse ne le sont par la géométrie descriptive que parce que les artistes ne sont pas familiarisés avec l'algèbre ".

La puissance de la géométrie descriptive qui " permet de suppléer à l'analyse pour la solution d'un grand nombre de questions " fait, qu'après MONGE, les mathématiciens du XIXe siècle s'en sont emparés comme méthode de recherche (en particulier sur les quadratiques, les surfaces réglées, le paraboloïde hyperbolique), parce que leurs moyens analytiques n'étaient pas encore suffisants. Il en est résulté "tout un appareil mathématique, assurément nécessaire, surtout à ce niveau, mais aussi une mentalité qui se retrouve même dans les exposés élémentaires " (2). Tandis qu'en mathématiques on peut faire faire des problèmes qui excitent et surprennent par la nouveauté et laissent deviner des applications plus certaines de cette science, en géométrie descriptive, les applications qui ne sont pas prises dans la réalité, mais à l'intérieur même de la science, développent une sécheresse de raisonnement aggravée par une nomenclature opératoire assez limitée. Certains ouvrages sont des recueils d'exercices gratuits, de plus en plus compliqués, dont la principale difficulté est d'ordre matériel, les épures devenant rapidement inextricables. ADHÉMAR (3) termine son ouvrage par une " lunette conique biaise " qui est un exemple des jongleries fastidieuses auxquelles on peut se livrer sous le couvert de la géométrie descriptive. L'enseignement n'y a pas échappé, même dans le " technique ", et aujourd'hui encore, surtout quand la géométrie descriptive est enseignée par le professeur de mathématiques.

---

(1) BOOKER (P.J.) : A history..., op. cité, p. 128.

(2) PETIT (G.) : D'une méthode directe d'enseignement de la géométrie descriptive, in T.S.A., 1958, n° 123, pp. 41-54.

(3) ADHÉMAR (P.) : Géométrie descriptive, (atlas seul), PARIS, BACHELIER, 1836.

L'opinion de BOUASSE converge avec celle de LIPSMEIER que nous venons d'exprimer. Dans une de ses célèbres préfaces BOUASSE (1) écrit : " Le résultat est la géométrie descriptive des classes de Spéciales, aussi absurde en son genre (et pour les mêmes raisons) que la théorie générale des abaques et des opérations simplifiées. Pour apprendre le dessin industriel, on coupe des tores par des hyperboloïdes. On vous recommande surtout de ne pas " voir " : il suffit de mettre +, -, +, - ... et d'opérer comme une brute, pour épanouir feu Joseph et ses honorables héritiers. MONGE et HACHETTE pâliraient de colère, voyant ce qu'on a fait de leur science ". MONGE certainement, si l'on se reporte à ses cours de l'Ecole normale, car son objectif ultime sont les applications, même si celles qu'il aborde dans les " séances " : méthode des défilements, nivellement d'un terrain à partir d'un aérostat, voussoir et détermination d'intersections, ainsi que les perspectives et la représentation des ombres, ne sont là que pour témoigner de la puissance de la géométrie descriptive.

HACHETTE (2), LEROY (3) et d'autres s'emploieront à augmenter l'exposé des applications pratiques dont est susceptible la géométrie descriptive dans les différents corps de métier. Se référant aux méthodes graphiques des charpentiers et appareilleurs qui ne constituaient pas une théorie organisée susceptible d'applications déductives, MONGE insiste sur le caractère à la fois rationnel et pratique de sa géométrie descriptive plus que sur sa nouveauté. " Avant la découverte des considérations géométriques sur lesquelles tout ce que nous venons de dire se fonde, les artistes avaient un sentiment confus des lois auxquelles elles conduisent, et dans tous les cas ils avaient coutume de s'y conformer ". TATON (4) rappelle qu'à l'époque " le perfectionnement des méthodes de construction. la naissance du machinisme, les débuts de la grande industrie, soulignent l'urgence d'une refonte des procédés graphiques disparates utilisés par les techniciens ". Ceci se conjugue avec un besoin intellectuel de rationnel " afin qu'un petit nombre de vérités générales et fécondes soit dans la tête des hommes, l'expression abrégée de la plus grande variété des faits particuliers " (5). MONGE répond à sa façon à cette quête en permettant, avec une théo- Fig. 172-173

---

(1) BOUASSE (H.) : Résistance des matériaux, PARIS, DELAGRAVE, 1920.

(2) HACHETTE (M.) : Traité de géométrie descriptive, op. cité, (1822).

(3) LEROY (C.F.A.) : Traité de stéréotomie (comprenant les applications de la géométrie descriptive), PARIS, BACHELIER, 2 tomes, 1848.

(4) TATON (R.) : L'oeuvre scientifique de MONGE, op. cité, (1951), p. 72.

(5) DUPIN cité par CONSTANT, in Traité des propriétés..., op. cité, (1822).

rie légère et un nombre limité de constructions graphiques stéréotypées, de traiter le plus grand nombre de cas pratiques. D'où l'insistance, peut-être excessive, de ses continuateurs, contre laquelle s'insurge de LA GOURNERIE (1), à montrer que la géométrie descriptive se ramène à un corps de doctrine réduit. Les deux algorithmes propres à la géométrie descriptive sont les algorithmes des projections et des rabattements, dit DUPIN (2), et pour HACHETTE (3), tout se ramène à deux constructions graphiques : la recherche de la distance entre deux points dont on a les projections (vraie grandeur) et la construction du point de rencontre d'un plan et d'une droite.

Ce trait ne semble pas être fondamental pour MONGE au regard de la cohérence. On n'a pas assez souligné que les deux objectifs de la géométrie descriptive : " le premier, de donner les méthodes pour représenter sur une feuille de dessin qui n'a que deux dimensions, savoir longueur et largeur, tous les corps de la nature, qui en ont trois, longueur, largeur, profondeur, pourvu néanmoins que ces corps puissent être définis rigoureusement, le second... de donner la manière de reconnaître d'après une description exacte les formes des corps, et d'en déduire toutes les vérités qui résultent et de leur forme et de leur position respectives " ; sont atteints sur le même dessin. Alors qu'avant on dessinait ordinairement l'élévation et le plan, puis on traçait, à part et à plat, les constructions donnant les " vérités " recherchées; la géométrie descriptive permet de superposer conceptuellement vues et projections coordonnées, de faire, dans le même mouvement intellectuel, l'épure et la vue, la correspondance étant assurée. Ce qui se déroule dans un univers intellectuellement cohérent est renforcé par l'unité du graphisme. DUPIN (4) le souligne fortement en des termes semblables à ceux de MONGE. " La géométrie descriptive, sans jamais perdre de vue les choses mêmes qu'elle doit considérer, porte partout l'évidence avec elle. Elle rend sensibles toutes ses conceptions, toutes ses opérations et les grandeurs graphiques sont pour elle un moyen de peindre dans l'espace et sa marche et ses résultats ".

Cette notion d'évidence est assez ambiguë et doit être précisée. En géométrie analytique, on substitue aux objets dont on traite des symboles conventionnels sur lesquels on opère mathématiquement ce qui

---

(1) LA GOURNERIE (J. de) : Traité de géométrie descriptive, op. cité, (1873-1885).

(2) DUPIN (Ch.) : Développements de géométrie..., op. cité, (1813).

(3) HACHETTE (M.) : Traité de géométrie descriptive, op. cité, (1822).

(4) DUPIN (Ch.) : Développements de géométrie..., op. cité, pp. 236-237.

nécessite l'apprentissage d'un code et de règles opératoires. La géométrie descriptive, parce qu'elle présente visuellement des points, des lignes, des surfaces ou des corps connus, semble porter en elle-même ses propres définitions et relever de l'évidence. S'il y a évidence, elle est toute relative pour une raison de méthode et pour une raison de contenu.

Le fait que la géométrie descriptive s'appuie sur la méthode des projections entraîne que toutes les relations ou propriétés descriptives du plan soient traduites en relations et propriétés de l'espace et réciproquement, ceci par l'intermédiaire de ces opérateurs mécaniques que sont la règle, l'équerre et le compas et par une activité intellectuelle de reconstitution spatiale qui n'est pas innée. " Voir dans l'espace " est une conséquence et non un préalable de l'apprentissage de la géométrie descriptive. MONGE en est conscient quand il écrit : " Quoique la méthode des projections soit facile et qu'elle ne soit pas dépourvue d'un genre particulier d'élégance, cependant cette obligation de comparer sans cesse deux projections l'une à l'autre est une fatigue qu'on peut diminuer considérablement par l'indication des ombres " . " Le problème demeure lorsque le dessin est considéré, indépendamment de toute théorie des projections, comme la restitution de ce que l'on voit " lorsqu'on se trouve bien en face d'un objet, d'une maison (si l'on veut), et à une certaine distance, (et que) cet objet nous apparaît comme aplati, ses arêtes deviennent des lignes droites, ses courbes des arcs de cercle, et son tout nous semble une surface plane " (1).

Même avec ces ombres " qui sont un moyen d'expression fort avantageux pour faire promptement saisir à l'oeil la disposition générale des diverses parties d'un projet de construction " (2), ou avec de simples traits de force qui " donnent du quartier " à l'objet, la représentation d'une maison n'est évidente que pour qui " la maison " fait partie du patrimoine culturel et qui peut la nommer et la décrire intérieurement, peut-être plus d'ailleurs dans ses relations organiques et topologiques que dans ses détails architecturaux. De nombreuses expériences, dont celles de FERENCZI (3), montrent que si certains dessins qui correspondent à des schémas corporels ou mentaux bien établis

---

(1) DELAUNAY (J.B.R.) : L'alphabet du trait appliqué à la menuiserie, PARIS, ROPET, 1851, p. 10.

(2) LEROY (C.F.A.) : Traité de stéréotomie..., op. cité, (1844), tome I, p. 1.

(3) FERENCZI (V.) : La perception de l'espace projectif, PARIS, DIDIER, 1966.

peuvent induire directement une compréhension et des actes, le dessin ne permet pas de faire l'économie d'un code ou encore moins d'une culture. Nous avons déjà dit, et nous le verrons encore par la suite, que le dessin technique n'est pas un moyen de communication universel. S'il l'était, ce serait dans la mesure où la technique serait devenue universelle. Dans des expériences dont nous rendrons compte plus avant, nous verrons même qu'il garde un caractère tribal. Il faut reconnaître que la géométrie descriptive pure est accessible même à un non technicien parce qu'elle ne s'intéresse qu'à des êtres " abstraits " sans considération de fonction et de technologie et parce que ses méthodes, dans les limites fixées par MONGE et son école, sont simples, sûres, rationnelles.

Le terme d'évidence est donc acceptable pour nous, compte tenu des observations que nous venons de faire, et l'on comprend mieux la grande séduction qu'elle a pu avoir, bien qu'elle ne soit pas tout le graphisme technique, sur les pédagogues du XIXe siècle qui s'efforcèrent de procéder à ce que LIPSMEIER nomme " la réduction didactique de la géométrie descriptive ".

Il nous faut encore justifier nos réticences à donner la géométrie descriptive comme universellement acceptable. Si elle l'est aujourd'hui, ce qui serait encore à vérifier, et si elle connut un grand succès en Europe continentale, où MONGE et les géomètres de son école furent traduits sans tarder (LACROIX est publié à Berlin en 1806) et adaptés à l'enseignement dès 1821 par CREIZNACH, en ce qui concerne l'Allemagne; elle ne s'imposa dans les pays anglo-saxons que très lentement.

Aux Etats-Unis, un ancien élève de l'Ecole polytechnique, Claude CROZET, qui avait été officier d'artillerie dans les armées napoléoniennes et qui, ayant émigré, enseignait à West-Point, publie en 1821 un traité de géométrie descriptive à l'usage de l'Académie militaire. C'est probablement le premier ouvrage en anglais sur le sujet. En 1826 DAVIES, également professeur à West-Point et successeur de CROZET, publie un traité plus complet, mais les applications de la géométrie descriptive restent limitées aux usages militaires. Dans l'industrie américaine, pourtant en pleine expansion, on continue à dessiner sans ordre et sans méthode. En Angleterre, MORIN (1) constate en 1862, que " les Anglais, bien que fort habiles dans tous les travaux manuels, ont moins que nous le sentiment de la méthode de projection et l'on ne s'étonnera pas de cette

---

(1) MORIN (A.), TRESCA : De l'organisation de l'enseignement industriel et de l'enseignement professionnel, PARIS, CHAIX, 1862, p. 52.

différence quand nous dirons que la géométrie descriptive n'y est enseignée dans aucune école, pas même à l'Ecole d'artillerie de Wodwick ".

En 1868, un Anglais du nom de CUNNINGHAM (1) cause un certain trouble dans son pays en publiant un ouvrage sur l'histoire, les méthodes et l'importance de la géométrie descriptive pratiquement inconnue Outre-Manche. Tout en déplorant le conservatisme de ses compatriotes qui restent attachés à la géométrie d'Euclide malgré son inadéquation aux nécessités techniques de l'heure, il en donne une justification d'ordre culturel qui fait image. Les Français, dit-il, ont recherché une théorie scientifique qui les satisfasse intellectuellement, les Allemands l'ont adoptée en s'intéressant surtout à l'aspect esthétique et au dessin d'art (perspectives et ombres) ; quant aux Anglais, ils se sont contentés de ce qui leur permettait de construire efficacement ; mais cette attitude est trop pragmatique et ne permet pas un bon enseignement. BOOKER ajoute que, de toute façon, le niveau moyen et l'état d'esprit des ouvriers ne les mettaient pas en mesure d'accepter une théorie très abstraite. Jusqu'à la fin du XIXe siècle, les ouvrages scolaires anglais feront une petite place aux projections orthographiques et seront surtout composés de dessins d'ensembles et d'éléments de machines, propres à servir de " bons modèles " à la reproduction.

3 - A LA RECHERCHE D'UNE METHODE DE REPRESENTATION DES CORPS

Sans être tout le graphisme technique, la représentation d'un corps par des dessins perspectifs ou géométraux en est, aujourd'hui encore, une partie importante. Les géométraux présentent l'avantage de conserver homothétiquement les angles, les formes, les positions et les dimensions relatives de l'original ou de permettre de les retrouver par des constructions annexes.

La justification la plus directe de la représentation géométrale d'un corps consiste à dire, que c'est le dessin de ce que voit un observateur (ou de ce qu'il pourrait voir) en regardant le corps bien en face, d'un seul oeil, de telle façon que son regard reste toujours perpendiculaire à la face observée. De ce principe découle une méthode de représentation par vue non coordonnée qui convient à des corps aux formes géométriques simples faisant partie de l'univers conceptuel de celui qui dessine et de celui qui regarde le dessin, comme une maison

---

(1) CUNNINGHAM (A.W.), cité par BOOKER, A history..., op. cité, pp. 130-132.

pour laquelle la vue de face ou élévation correspond à ce que voit l'observateur quand il " monte au droit " de la façade, la vue de dessus ou plan,à ce qu'il voit quand il survole le bâtiment et de la même façon de vue de côté ou élévation de profil,à ce qu'il voit en parcourant visuellement le côté de l'édifice. Quand les vues géométrales ne donnent pas tous les renseignements attendus, la méthode se complète d'artifices comme les vues complémentaires, les coupes et arrachements, les dessins de détails; tandis que des constructions géométriques annexes permettent d'avoir les vraies grandeurs et vraies formes qui ne sont pas données directement.

La méthode admet une variante pour les corps mobiles ou de petit volume qui sont supposés tourner sur eux-mêmes et présenter à l'observateur, dans une succession de positions remarquables, leurs faces prépondérantes.

Si l'original n'a pas de face prépondérante, il convient d'adopter une direction de référence pour chaque vue ou d'adopter un référentiel extérieur disposé naturellement, comme un mur et un sol, ce qui entraîne pour l'élévation la présence d'une ligne représentant " la terre " sur laquelle repose le corps. Le référentiel, tableau ou plan, peut être disposé arbitrairement. On peut aussi se ramener à des représentations de solides géométriques simples en enfermant l'objet dans une boîte parallélépipédique ou cubique.

Cette méthode, aussi directe soit-elle, ne se fonde pas pour autant sur une vision primitive ou naïve de la réalité. Nous savons que la transcription dessinée des perceptions visuelles passe toujours par une médiation intellectuelle qui les modifie peu ou prou. La " méthode directe " nécessite l'apprentissage d'une discipline intellectuelle qui refuse le mélange des points de vue et des domaines renseignés à laquelle s'ajoute la nécessité pour l'observateur qui dessine de rattacher le corps à du connu, global ou analytique. La même remarque vaut pour l'observateur qui examine le dessin.

Une autre justification, assez proche de celle qui postule la présence d'un tableau ou d'un plan de référence, consiste à faire de ce tableau le lieu d'aboutissement de droites issues de chaque point remarquable du corps et orthogonales au plan de projection. Ces projections reproduisent sur le plan les points et les lignes externes et internes de l'original. La présence d'un observateur ne semble pas nécessaire à la compréhension de cette opération, pourtant nous verrons que des auteurs ont introduit dans leur système explicatif un observateur ou un

" projecteur " pour répondre à la question de savoir " qui projette ? ". D'autres font de la projection l'ombre du corps, soit strictement un contour enserrant un espace indifférencié. Le dessinateur reproduit sur le papier, à une échelle donnée, la projection en la ponctuant en lignes vues et cachées pour lui, jouant ainsi le rôle d'un observateur au second degré, d'où le nom de " méthode indirecte " parfois donnée à la méthode des projections orthogonales.

En toute logique, le nom des vues devrait être réservé aux représentations géométrales obtenues par la méthode directe et celui de projections aux représentations obtenues par la méthode indirecte. Cependant, pour l'observateur qui regarde le résultat : élévation, vue de face, orthographie ou projection frontale, le spectacle est le même. Il s'agit toujours d'un dessin sans effet de perspective. Pour savoir s'il s'agit d'un dessin géométrique à plat, d'une silhouette ou d'un dessin représentant un volume, l'observateur doit utiliser des indices qui le renseigneront : dégradé des couleurs pour le dessin lavé, ombres pour les géométraux ombrés, connaissance préalable qu'il a de l'objet représenté et surtout renseignements qu'il puise dans d'autres vues.

La remarque précédente met en lumière une défaillance des deux méthodes ci-dessus qui, si elles sont acceptables pour des corps ou des objets (1) facilement reconnaissables, rendent difficile la recherche d'indices pour des objets inconnus ou insolites. En effet, rien n'oblige dans ces méthodes à mettre en relation de dimension et de position, élévation, plan et profil.

L'avantage de la correspondance des vues a été ressenti par DÜRER qui, sans faire de référence à la méthode des projections (2), coordonne les vues par des lignes de correspondance et des connexions. COUSIN (3) fait de même, toujours (en restant) attaché à la méthode directe. Par contre MAROLOIS (4) développe explicitement une théorie des projections sur un plan vertical (orthographie) et sur un plan horizontal (ichtographie) sans y inclure une systématique des correspondances, ce qui autorise le dessinateur à disposer les orthographies et les ichtographies de l'objet qu'il représente à sa guise sur la feuille de papier.

---

(1) Nous réserverons le nom " d'objet " à des corps ou ensembles ayant une signification technique (sous-entendu " des objets techniques ").

(2) Cf. supra, première partie, page 73.

(3) COUSIN (J.) : L'art du dessin..., op. cité, (1571).

(4) MAROLOIS (S.) : Cité par BOOKER (J.) : A history..., op. cité, pp. 40-41.

BOSSE (1) propose deux méthodes répondant au principe des représentations visuelles : " l'une par la manière ordinaire de représenter les ordres des colonnes ; les plans, élévations et profils des bâtiments ou telles autres choses supposées vues d'une distance infinie ". La méthode directe ainsi exposée est complétée par une correspondance des vues et des ombres et ombrages, " particularité assez remarquable et très avantageuse pour faire bien mieux exprimer le relief du géométral en ce travail que l'on ne fait en faisant ces lignes toutes de mêmes grosseurs ". La seconde méthode est très particulière et n'a connu qu'un succès limité. Il s'agit d'une construction sur géométraux, " manière qui n'est d'ordinaire pratiquée que des ingénieurs ". Il s'agit d'une géométrie de l'objet considéré uniquement du point de vue métrique, par opposition à la géométrie des points de vue qui étudie l'objet de l'extérieur et dans ses relations avec un point de vue éloigné (PIAGET) (2). Fig.169

De MONTABERT (3) tentera de diffuser cette méthode sous le nom de stéréographie. " Le dessin stéréographique (stéréographie signifie représentation linéaire selon les mesures) est un dessin conventionnel, analytique et préparatoire, à l'aide duquel on représente les objets, non tels qu'ils paraissent perspectivement, ou tels qu'on peut les supposer considérés orthographiquement, mais tels qu'ils se trouveraient tracés eux-mêmes sur le terrain, si d'abord, de tous leurs points principaux, il tombait sur le terrain des points ce qui en exprimerait le plan, et si ensuite, de ce même terrain ou sur cette même ichnographie ou plan par terre, on ajoutait, à partir de ces points, les hauteurs, c'est-à-dire les lignes dont la hauteur serait ajoutée au plan, ou partirait du plan ".

Puisque nous ne reviendrons pas sur cette méthode dont l'application donne des représentations curieusement déformées qui rappellent les représentations par plans rabattus des Egyptiens (4), il est intéressant de connaître la justification pédagogique donnée par de MONTABERT. " Cette méthode graphique... est infiniment utile, puisqu'elle peut faire connaître, soit séparément, soit collectivement, les mesures, les cotes, les constructions des objets ou les assemblages de

---

(1) BOSSE (A.) : Traité des pratiques géométrales..., op. cité, (1665).

(2) PIAGET (J.), INHELDER (B.) : La représentation de l'espace chez l'enfant, op. cité, (1948), pp. 292-293.

(3) MONTABERT (P. de) : Le dessin linéaire enseigné aux ouvriers, op. cité, (1832).

(4) Cf. supra, première partie, page 6.

leurs superficies. Elle est donc d'un grand secours aux artisans qui construisent, aux dessinateurs qui doivent connaître la construction ou l'analyse de la construction des corps solides qu'ils représentent et à tous les hommes en général, lorsqu'ils veulent rendre compte graphiquement des solides quelconques, les analyser, les décrire et en communiquer graphiquement aux autres les formes, les mesures, les dimensions et les assemblages ".

FRÉZIER (1), après DERAN (2) et dans le même esprit, rassemble les éléments dispersés d'une méthode des projections orthogonales pour la représentation des corps et la généralise. " Cette différence (entre orthographie et ichtographie) qui ne consiste que dans la dénomination n'en fait aucune dans la manière de faire les représentations, c'est toujours une projection sur un plan vertical, et à bien prendre la chose, c'est encore la même que pour faire la projection horizontale, où il n'y a qu'à supposer une position de plan vertical... S'il ne s'agissait ici d'introduire le lecteur dans les principes d'un art, dont il faut lui donner des idées distinctes, nous aurions confondu le plan, le profil et l'élévation sous le même nom de projection ". FRÉZIER complète sa méthode par une géométrie qui trouve son application dans la recherche des angles vrais d'un trièdre et une "épipédographie" comme méthode de développement des surfaces ; mais ni en théorie, ni en pratique, il ne lui semble nécessaire de coordonner les projections : " On tiendra pour arbitraire l'arrangement de leurs situations, les unes auprès des autres, ou dans les autres, au-dessus, au-dessous, ou à côté, pourvu que les parties soient distinctement décrites " (3).

Comme nous l'avons dit, la grande originalité de MONGE est d'avoir proposé une théorie complète donnant correspondance des projections sur deux plans coordonnés et la possibilité de construire graphiquement les vraies grandeurs et les vraies formes. L'effet sur l'enseignement fut rapide et la géométrie descriptive imprégna tout l'enseignement du dessin aux XIXe et XXe siècles jusqu'à nos jours. Avant d'en voir les développements et avatars à travers l'examen des ouvrages

---

(1) FRÉZIER (M.) : La théorie et la pratique de la coupe des pierres..., op. cité, (1737-1739), tome I, livre III, p. 289, " De l'orthographie ou de la projection sur un plan vertical ".

(2) DERAN (Père) : L'architecture des voûtes , 1643, cité par de LA GOURNERIE (Traité de géométrie descriptive) comme un prédécesseur de FREZIER.

(3) FRÉZIER (M.) : La théorie..., op. cité, tome I, livre III, p. 272.

didactiques publiés en France, nous voudrions fixer les étapes de l'introduction de la méthode des projections en Allemagne, en Angleterre et aux Etats-Unis.

L'enseignement allemand suit de près l'enseignement français dans son évolution vers l'adoption d'une méthode de représentation basée sur les projections. La réflexion déjà citée de CUNNINGHAM comme quoi en Allemagne on s'est intéressé surtout à l'esthétique des représentations, s'explique par le fait que les représentations visuelles avec ombres étaient utilisées de longue date et que les pédagogues ont essayé de concilier, dans le dessin pour les professionnels, le dessin avec ombres et le dessin projectif. Un autre facteur influent a été la volonté de restreindre la théorie à ce qui était strictement nécessaire et d'appliquer la méthode à des corps simples ayant une fonction et des formes connues ou imaginables. Hormis ces quelques divergences, l'évolution pédagogique de l'enseignement des représentations est très proche de celle qui se produit en France.

WEINBRENNER (1810) fait connaître la géométrie descriptive en Allemagne et ses applications au tracé des ombres. CREISNACH (1821), SCHREIBER (1833), STUHLMANN (1866), réduisent la théorie à une méthode simple de représentation par projection orthogonale de volumes, d'abord sur deux plans coordonnés, puis sur trois comme le propose STILLER (1889). SCHRÖDER (1840) matérialise les deux plans par des planchettes, SCHMIDT (1893) préconise l'usage d'un trièdre de projection matériel, à trois plans articulés (le coin de classe) ; il explique ainsi la correspondance des projections comme cela se fait en France, à peu près aux mêmes dates. WEYDE et WEICHERT (1900) complètent la théorie explicative du " coin de classe " par le cube de projection et " l'observateur-projecteur " qui réapparaît ici pour les besoins de l'enseignement.

Il a fallu beaucoup plus de temps à l'Angleterre pour passer des représentations visuelles aux projections orthogonales. BRADLEY, en 1852, considère encore que les projections orthogonales sont des vues à grande distance. BINNS (1857) applique la méthode des projections orthogonales sur deux plans coordonnés à des corps géométriques. Il introduit l'idée de projection à partir d'une " maison " supposée posée sur une page d'un livre ouvert à angle droit. La maison se projette sur les deux pages, en correspondance, et la correspondance est conservée quand le livre est complètement ouvert. DAVIDSON (1870), désireux de faire précéder la méthode des projections par une théorie à la portée d'élèves " complètement ignorants ", emploie un matériel constitué par deux plan-

chettes maintenues à angle droit par une équerre et figurant deux " plans " de projection de dimensions finies. Il projette des points et des droites (limitées par le dièdre). L'ouverture de l'équerre permet de rabattre le tableau vertical et d'avoir les deux projections en correspondance. On jugera tout de suite du retard de l'Angleterre sur ce point en sachant que le même matériel était utilisé par OLIVIER pour ses cours à l'Ecole des arts et manufactures depuis 1829 (1).

BINNS et DAVIDSON admettent que l'on peut projeter sur un plan de référence perpendiculaire aux deux plans naturels. Un peu plus tard, sous l'influence des rapports de 1882 et 1884 de la Commission royale chargée d'enquêter sur l'enseignement professionnel à l'étranger, se développe dans les ouvrages didactiques, en complément de la méthode de projection sur deux ou trois plans, l'usage de plans de projection auxiliaires. Mais les Anglais restent toujours réticents à l'égard d'une théorie préalable du type " cours de géométrie descriptive ". Ils préfèrent l'introduire le moment venu et si nécessaire, comme les Allemands qui partagent les métiers en deux classes : ceux qui ont besoin de la géométrie descriptive et ceux qui peuvent s'en passer (LACHNER, 1887).

Durant la seconde guerre mondiale, les échanges nombreux entre l'Amérique et le continent firent apparaître des différences dans les conventions du dessin, particulièrement sur les emplacements relatifs des projections. La méthode américaine ayant été jugée plus commode que la méthode européenne, on alla même jusqu'à envisager son adoption au plan international (2). Cette méthode doit pourtant plus au hasard qu'à une volonté délibérée.

Le problème du choix de l'emplacement des vues ne se posait plus en Europe où l'on dessinait suivant les règles de la géométrie descriptive qui donnaient sans erreur la position des projections ; de même en Angleterre avec la méthode des projections orthogonales. Mais aux U.S.A., entre 1800 et 1900, la méthode de représentation utilisée en dessin technique est toujours la méthode directe. Avec cette méthode, les vues peuvent être réparties librement pour obtenir la meilleure occupation de la place disponible sur le papier. Dans de nombreux cas, la dispersion des vues n'empêche pas la reconstitution mentale de l'ensemble, sauf quand l'objet représenté est moins familier qu'une maison ou une ma-

---

(1) OLIVIER décrit ce dispositif pédagogique de son invention appelé " l'omnibus " dans la préface de la seconde édition (1852) de sa " Géométrie descriptive " , (op. cité).
De nombreuses maquettes constituées par des réseaux mobiles de fils tendus visualisent les intersections de surfaces complexes, conservées au musée du C.N.A.M., sont dues à l'imagination inventive d'OLIVIER.

(2) LENORMAND (G.) : La normalisation internationale du dessin technique, in T.A.S., 1952, n° 3, pp. 47-50.

chine à vapeur. Les vues deviennent alors difficiles à interpréter et le trouble est accentué par les défauts de correspondance dans les positions des pièces mobiles que rien n'empêche, dans la théorie des vues, de représenter une fois dans une position et une fois dans une autre.

Bien que certains auteurs américains aient estimé, au XIXe siècle, que les arrangements des vues n'étaient que des " amusements " ou des effets de l'art (1), on reconnaît que ces inconvénients pourraient être atténués si l'on prenait l'habitude de mettre les vues toujours aux mêmes places relatives.

Une première systématisation peut avoir eu pour origine la simplification du travail, la ligne de sol servant de support aux vues de côté, elles se tracent alors par simple transfert de dimensions en utilisant éventuellement un dispositif de connexion, comme le faisait DÜRER. Les dessinateurs américains peuvent aussi avoir suivi une habitude qui prévalait dans les dessins d'architecture aux XVIIe et XVIIIe siècles, où le profil de gauche était souvent mis à gauche de l'élévation et de même pour le droit. Le fait que cette disposition rapproche les détails de l'élévation des détails correspondants du profil n'a pas échappé aux praticiens. Comme l'indique J. ROSE de Philadelphie (1883), il y a deux systèmes pour mettre en place les différentes vues d'un objet : dans le premier, les vues se représentent comme la pièce se présente elle-même quand on la pose sur le papier et que l'on la fait tourner et glisser pour avoir les autres vues. Le défaut de ce système tient à ce que les traits de correspondance traversent la vue de face. Pour pallier ce défaut, il suffit d'inverser le sens de translation vers le bas pour la vue de dessous, vers le haut pour la vue de dessus, etc... ROSE se situe toujours dans un monde des objets réels et des vues, sans référence aux projections.

Certains auteurs, d'après SMITH (1875), combinent les projections et une systématique autonome des dispositions, d'autres émettent des théories explicatives plus ou moins heureuses avec un observateur qui se promène autour de l'objet, grimpe dessus, se glisse dessous, le regarde à travers un papier transparent ou une vitre, ou encore imaginent d'envelopper l'objet dans du papier " qui ensuite sera épluché, à la manière d'une orange,etc... ". La conclusion de SMITH est, qu'il faut arriver à une méthode de représentation commune à toutes les nations industrielles, " que cette méthode soit directe si possible et indirecte si nécessaire ".

---

(1) BOOKER (J.) : A history..., op. cité, p. 162.

Quand, au début du XXe siècle, la géométrie descriptive est introduite dans l'enseignement aux U.S.A., il devient urgent de trouver une théorie qui permette de justifier la disposition adoptée pour les vues en terme de projection sur les plans, à la façon de la géométrie descriptive. On remarque alors fort opportunément, que la disposition américaine peut s'expliquer par des projections d'un objet placé dans le troisième quadrant ou dièdre de l'espace en ponctuant pour un observateur se situant à l'opposé de l'objet projeté par rapport au plan. C'est ce que font BLESSING et DARLING dans leurs " Elements of Descriptive Geometry " (1) au début du siècle, tout en traitant du point et de la droite dans le premier quadrant, par fidélité à MONGE ! Il fallait accessoirement une théorie faible, assimilable par le plus grand nombre et qui puisse se matérialiser. On invente, à l'instar de la France, la boîte de verre (glass-box) dans laquelle l'objet est inséré et projeté par transparence sur chaque face. La boîte ouverte présente les six projections dans la disposition américaine. La " glass-box method " est encore utilisée dans les ouvrages américains (2) et canadiens (3) pour l'apprentissage des dispositions à l'américaine. Fig. 180-181

Grosso modo, la méthode de représentation adoptée dans l'enseignement du dessin en France pendant un siècle et demi est celle des projections orthogonales dans le premier dièdre. On trouve pourtant, à l'examen attentif, nombre de variantes qui mettent en lumière les pièges conceptuels et les difficultés pédagogiques et didactiques sur lesquels les enseignants ont trébuché et qui nous renseignent sur la façon dont ils s'en sont sortis.

Il faut attendre les années cinquante de notre siècle pour assister à un essai de retour à la méthode directe, ou plus exactement à une méthode hybride. La norme CNM 41 f, dans sa version de 1920, puis la norme NFE 04-101, qui, dans sa première version (1949), donnait comme méthode de représentation la méthode des projections orthogonales dans un cube de projection, ne parle plus, dans son édition de septembre 1963, que de " vues ", semblant autoriser, sinon préconiser, un retour à la méthode directe. Cependant

(1) BOOKER (J.) : A history..., op. cité, p. 167.

(2) LOMBARDO (J.V.), JOHNSON (L.O.), SHORT (W.I.) : Engineering drawing, NEW YORK, BARNES, NOBLE, 1956.

(3) PAUZÉ (A.E.) : Initiation au dessin industriel, 1ère partie, MONTREAL, Mc GRAW-HILL, 1965.

la norme NFE 04-108 de février 1953 sur les représentations dites " en perspectives " continue à les définir comme des projections orthogonales d'objets disposés obliquement par rapport à un plan de projection et pour la perspective cavalière, à la donner pour une projection non orthogonale sur un plan de projection. Certains auteurs, sensibles à cette rupture dans l'unité conceptuelle, continuent à s'appuyer sur la théorie des projections pour justifier les représentations " géométrales " aussi bien que les perspectives cylindriques utilisées en dessin technique, se contentant d'appeler " vues " ce qui naguère était des projections. D'autres développent deux théories et deux méthodes distinctes, quitte à revenir ensuite sur les vues géométrales pour montrer qu'elles peuvent aussi s'expliquer par les projections.

Les premiers auteurs n'avaient pas ce problème et pour eux, comme nous le verrons en étudiant plus en détail le contenu des cours de dessin, la géométrie descriptive constituait le préalable nécessaire à l'introduction de la méthode des projections comme méthode de représentation des objets. BERGERY (1), ancien élève de l'Ecole polytechnique et professeur à l'Ecole royale d'artillerie, qui enseigne à Metz aux ouvriers et artistes qui suivent les cours industriels de l'Ecole de dessin, pense " que les ouvriers ont besoin de se familiariser de bonne heure avec la méthode des projections " avec, comme préalable, un cours de géométrie descriptive. BERTON (2), un autre professeur de l'Ecole de dessin de Metz, publie, aux mêmes dates, la première partie de son cours qui devait être suivie d'une seconde partie de géométrie descriptive et de dessin des corps. Cette première partie, consacrée aux tracés géométriques et figures planes, donne cinq façons de " lever " un polygone en coordonnées polaires et rectangulaires, visiblement inspirées des techniques de l'arpentage. Ne disposant pas de la deuxième partie du cours, nous ne pouvons savoir si BERTON étendait aux corps cette méthode de description. La référence à la géométrie descriptive laisse penser que non.

FRANCOEUR (3) qui estime qu'avant de donner une formation aux ouvriers il faudrait préparer le terrain par l'instruction primaire

---

(1) BERGERY (G.L.) : Géométrie appliquée à l'industrie à l'usage des artistes et ouvriers, METZ, THIEL, 3e éd., 1835, (1ère éd. 1825).

(2) BERTON (N.) : Eléments de dessin géométrique à l'usage des artistes et ouvriers qui suivent les cours industriels, METZ, LAMORT, 1827.

(3) FRANCOEUR (L.B.) : L'enseignement du dessin linéaire d'après une méthode applicable à toutes les écoles primaires (texte et atlas), op. cité, (1827).

(et mutuelle), propose d'enseigner d'abord une théorie simplifiée des projections. Un seul dessin en perspective présentant la projection d'un segment de droite sur deux plans coordonnés lui suffit à se faire comprendre, " les instructions devant être toutes d'action et rarement de préceptes ". On peut remarquer que FRANCOEUR, dessinant l'élévation d'un bâtiment, procède par tranches successives séparées mais se correspondant, " attendu qu'elles sont des projections verticales sur des plans parallèles ". Il semble que FRANCOEUR hésite à admettre que la première projection contienne toutes les autres et qu'elle puisse " représenter de l'épaisseur " au-delà de certaines limites. Nous avons retrouvé les mêmes scrupules sur des dessins de professionnels adultes, n'ayant pas dessiné depuis longtemps. Une sorte de conflit entre la systématique des projections et les données perceptives fait que ce qui est au tout premier plan est représenté sans omission, tandis que les arêtes et surfaces des détails se situant en profondeur s'estompent ou disparaissent.

Dès son ouverture effective en 1799, le Conservatoire des arts et métiers avait reçu mission d'enseigner " le dessin de machines ", dont l'importance est jugée primordiale et, d'une façon générale, " l'art de projeter sur un plan tous les objets qui se présentent ".

LEBLANC, le fils du chimiste, avait été élève du Conservatoire entre 1800 et 1804 avant d'y enseigner le dessin et la construction des machines, à partir de 1815 (date incertaine) (1). Il fournit à l'industrie " d'excellents dessinateurs ", mais meurt prématurément en 1839. De nombreuses planches de la collection du C.N.A.M. portent sa signature (2).

En 1830, LEBLANC publie un ouvrage remarquable à plus d'un titre (3). Il est adopté par les écoles d'arts et métiers et les lycées préparant aux écoles spéciales ; traduit et publié en Allemagne en 1836, il y connaîtra le même succès. Passant sur les préliminaires de géométrie descriptive, LEBLANC aborde " les projections et les pénétrations de divers solides en ayant soin d'élaguer tout ce qui n'a point d'application immédiate au dessin de machines ". " Les opérations de projection sont d'une exécution facile quand on suppose que les lignes qui émanent du corps sont des droites parallèles entre elles et perpendiculaires à

---

(1) Le nom de LEBLANC figure parmi ceux des professeurs du Conservatoire sur un document de 1816 (Registre n° 9-66 des archives du C.N.A.M.).

(2) Cf 1ère partie, page 91.

(3) LEBLANC (V.) : Choix de modèles appliqués à l'enseignement du dessin de machines (texte et atlas), PARIS, LACROIX, 1830.

chacun des plans de projection ", quant aux intersections et pénétrations, LEBLANC, comme MONGE, les traite sans utiliser de plan de projection auxiliaire. A partir de ce qu'il nomme constamment la projection horizontale et la projection verticale, il procède par rabattement, report, voire construction à plat. Ce qui peut être interprété comme un archaïsme ou l'effet d'une volonté délibérée de rester proche des pratiques de l'art du trait.

Le successeur de LEBLANC est ARMENGAUD l'Aîné, il est certainement avec son frère cadet, l'auteur le plus prolifique du XIXe siècle. Dès 1840, ARMENGAUD publie un " cours de dessin linéaire (1), plusieurs fois remanié et réédité sous des titres divers. S'adressant aux élèves des écoles industrielles, il écrit à propos de l'étude des projections : " Comme il est important de bien connaître les principes élémentaires de la géométrie descriptive pour arriver à rendre sur le dessin toute espèce d'objets à contours déterminés, nous croyons utile d'entrer dans quelques détails explicatifs à ce sujet, en commençant d'abord par les projections d'un point et d'une ligne ". Il est convenu de ramener les projections d'un corps à deux plans principaux " dont Fig.174
l'un est appelé plan horizontal et l'autre plan vertical. Ces deux plans (étant) ainsi nommés plans géométraux ou plans de projection ". On peut remarquer, en examinant les innombrables dessins de machines d'ARMEN- Fig. 75
GAUD (2), que les deux projections sont assez souvent appelées " vues " et que les dispositions, quand il s'agit d'objets fonctionnels, sont en contradiction avec la théorie exprimée puisque de nombreuses vues de machines sont disposées relativement " à l'américaine ". ARMENGAUD Fig.175
ne s'explique pas sur cette licence ; par contre, il justifie la pluralité des vues en correspondance par la possibilité soit de changer le dièdre de position par rapport à la pièce, soit de changer la position de la pièce dans le dièdre fixe, soit même de changer la direction des projetantes par rapport au plan de projection.

Cette question de savoir si, pour représenter un objet dans ses formes et ses dimensions, il est nécessaire d'avoir plus de deux projections sur des plans coordonnés, a été la pierre d'achoppement de la plupart des cours de dessin jusqu'à la fin du siècle. Deux projections

---

(1) ARMENGAUD (Aîné) : Cours de dessin linéaire appliqué au dessin des machines, dédié aux écoles industrielles, PARIS, MATHIAS, 1840, (Cf. 1ère partie, p. 99).

(2) ARMENGAUD (Aîné) : Publication industrielle.des machines-outils et appareils les plus perfectionnés et les plus récents employés dans les différentes branches de l'industrie française et étrangère, PARIS, ARMENGAUD-MOREL, 36 tomes, 1848-1870.

suffisent, répondent certains auteurs comme DELAISTRE (1), puisque deux projections donnent dans le plan les trois dimensions de l'objet et que " des constructions graphiques très simples " permettent d'avoir les vraies grandeurs. D'autres admettent que l'on puisse utiliser des plans auxiliaires de projection, ce qui revient à faire de l'un des plans naturels le plan de projection principal et à utiliser le second comme plan de projection auxiliaire en répétant l'opération autant de fois que nécessaire et en ramenant les projections ainsi obtenues dans le plan principal. C'est ce que préconise OLIVIER (2) et que développe LEROY (3) dans une " théorie des changements de plans " en stéréotomie. C'est encore ce que pratique de LA GOURNERIE dans " quelques cas exceptionnels " comme lorsqu'il représente une maison. Mais c'est raisonner en géomètre sans tenir compte des impératifs de la représentation des objets fonctionnels qu'il faut présenter visuellement dans leur ensemble. C'est ce que permettait la méthode directe qui laissait le dessinateur libre de faire autant de vues qu'il le jugeait nécessaire. Les projections sur deux plans coordonnés, même assorties de constructions annexes ou de projections auxiliaires, restreignent les possibilités de visualisation. Aussi la bonne réponse à la question posée n'est-elle pas celle de MONGE qui pensait que les projections sur deux plans avec le secours des ombres suffisaient à la représentation des objets. La bonne réponse, dans le cadre de la géométrie descriptive, est celle qui étend la méthode des projections sur deux plans " naturels " à trois, quatre, et même plus, plans de projection coordonnés dont les positions sont pré-déterminées.

BRU (4), dans son " cours général de dessin industriel ", a essayé de retrouver, à partir des conditions à respecter, les caractéristiques d'un système cohérent de représentation graphique des formes. Il arrive à cette conclusion que " le système de projection normal sera suffisant s'il comprend six plans de projection parallèles ou perpendiculaires deux à deux ". Ainsi se trouve justifiée la méthode de projection et l'artifice pédagogique du cube dont les faces, en pivotant autour des charnières, donne un développement qui conserve aux

---

(1) DELAISTRE (L.) : Cours complet de dessin linéaire gradué et progressif (4 parties), PARIS, MALLET-BACHELIER, 1855.

(2) OLIVIER (Th.) : Cours de géométrie descriptive..., op. cité, (1843).

(3) LEROY (C.F.A.) : Traité de stéréotomie (comprenant les applications de la géométrie descriptive), op. cité, (1844).

(4) BRU (A.) : Cours général de dessin industriel, PARIS, DUNOD, 1950.

projections la disposition déduite de la position de l'objet dans le cube. Mais la démonstration a posteriori de BRU n'est que la confirmation d'un processus dont nous venons de voir les débuts et qui se précise entre 1860 et 1910.

BARDIN (1862-64) (1) ne formalise pas mais emploie, chaque fois que nécessaire, les projections latérales associées aux projections verticales et horizontales. BARQUI et VAN DOREN (1874) (2) projettent méthodiquement et d'emblée les solides géométriques dans un dièdre de référence à plans limités qui, en s'ouvrant, donne en position les trois projections. MARTIN (1889) (3), dans le chapitre sur la " descriptive élémentaire " de son cours de dessin industriel, suppose le plan horizontal infini, deux plans finis, ou surfaces de projection, forment avec le plan horizontal un dièdre dans lequel se situe l'objet à projeter. Dans un premier temps, l'un des plans verticaux pivote et, dans un second temps, les deux plans se rabattent sur le plan horizontal donnant les trois projections dans leurs positions relatives. MARTIN complète cette méthode par des changements de plans et des rabattements. F.J. PILLET, au Congrès International du dessin à Berne en 1906 (4), présente une communication originale dans laquelle il développe une théorie générale des perspectives et des projections en en montrant l'unité et il présente une méthode de projection sur quatre plans. Enfin, en 1910, DUPUIS et LOMBARD (5) décrivent l'artifice pédagogique de la boîte cubique dans laquelle est placé l'objet. Les six projections " étant des figures qui donnent des impressions identiques à celles que recevrait notre oeil si nous pouvions voir cet objet d'assez loin ", DUPUIS et LOMBARD leur restituent leurs anciennes dénominations : élévations, plan, profils (de gauche et de droite) ; la vue de dessous est appelée " plafond ".

Fig.176 Fig.178 Fig.179

---

(1) BARDIN (G.) : Cours de dessin industriel destiné aux élèves des classes de dessin industriel d'apprentis et d'adultes, aux élèves des écoles professionnelles et à ceux qui se destinent aux écoles spéciales, PARIS, LACROIX, 3 tomes, 1862-1864.

(2) BARQUI (F.), VAN DOREN : Cours de dessin industriel, LYON, BARBORIER, 1874.

(3) MARTIN (G.) : Cours de dessin industriel (texte et atlas), op. cité, (1889).

(4) PILLET (F.J.) : Unification des signes et symboles employés dans le dessin, PARIS. Biblioth. graphique, 1906.

(5) DUPUIS (A.), LOMBARD (J.) : Cours de dessin industriel, PARIS, DUNOD, 1910.

Que l'objet soit un dièdre, un trièdre ou un espace clos, le tracé des projections suppose une activité du dessinateur qui choisit le plan de projection, place l'objet, trace mentalement les projetantes ou tend des fils. La réponse à la question de savoir qui projette avait déjà conduit les auteurs ayant traité de la perspective à utiliser un " observateur ", de l'oeil duquel partaient des rayons visuels, ou à faire du point de vue le départ des projetantes traversant ou tombant sur un tableau, lignes que DÜRER matérialise par des fils tendus par un aide.

Si le problème est éludé dans la géométrie descriptive de MONGE, c'est que très souvent les projections sont des données premières, tandis que pour la représentation des objets, c'est à partir des objets qu'il faut tracer les projections, comme pour les perspectives, mais avec des projetantes parallèles et perpendiculaires au plan de projection.

Pour répondre au sentiment qu'à le dessinateur d'être l'agent de la projection, de MONTABERT (1) reprend l'artifice des lignes tendues et donne à cette opération le nom de " délinéation " ou " art de tracer les élévations des corps solides ". Nous avons vu qu'en Allemagne WEYDE et WEICKERT (1900) dotent le dessinateur d'une vue très perçante et le font se déplacer devant l'objet parallèlement au plan de projection. Le premier exemple d'une intervention humaine dans les projections que nous ayons trouvé dans la littérature française vient du Frère G-M. (1918) (2) qui confie le soin de projeter à un " spectateur ". " La représentation géométrique est donc une vue théorique d'un objet, écrit le Frère G-M., soit que l'on suppose que l'oeil du spectateur hypothétique est situé à une distance infinie, soit qu'on le considère comme se déplaçant successivement pour venir se mettre dans la direction de chacune des projetantes ".

Dès lors, un spectateur (2) (3), un observateur (4) ou un " observateur-projeteur " interviennent dans la plupart des exposés du principe des projections, non sans quelque fantaisie ou incohérence.

---

(1) MONTABERT (P. de) : Le dessin linéaire..., op. cité, (1832).

(2) G-M. (Frère) : Dessin géométrique et industriel, PARIS, J.de GIGORD, 1918.

(3) RAULT (F.) : Traité de dessin géométrique à l'usage des écoles professionnelles, PARIS, DUNOD, 2 tomes, 1920-1921.

(4) DUROT (A.), LOUBIGNAC (J.L.) : Cours de dessin industriel, PARIS, EYROLLES, 5e éd. 1927, (1ère éd. 1920 ?).

Le principe fondamental est toujours celui d'une réplique de l'objet sur un plan. Elle peut être supposée construite activement par un observateur qui projette en enserrant l'objet dans un réseau de projetantes fictives (concept du rayon visuel) ou matérielles (méthode des fils tendus) ou être supposée construite artificiellement par la substitution d'un agent mécanique à l'agent humain, comme avec l'artifice du projecteur lumineux à faisceau de rayons parallèles qui donne une ombre projetée (1), ou l'artifice de l'appareil photographique dont la surface sensible reçoit les rayons lumineux issus de l'objet (2). Des expressions comme celle-ci, " l'observateur-projeteur projette l'ombre de la pièce à ce qu'il voit sur une face interne du cube " (3), Fig.183 mélangent hardiment projetante, rayon lumineux et image perçue par l'observateur et restituée sur le plan. POIGNON (4), après avoir exposé le principe des projections sans référence anthropomorphique : " Chaque point de la pièce est représenté sur une face du cube par sa projection, c'est-à-dire par le pied de la perpendiculaire abaissée du point sur le plan de la face ", demande de dessiner " les différentes projections telles qu'un observateur placé à une distance infinie verrait la pièce " ; puis l'observateur est abandonné. Pour BELVALETTE (5), au contraire, l'ob- Fig.182 servation de l'objet sert d'introduction aux projections par les projetantes. Sur 24 manuels scolaires postérieurs à 1950 examinés, 15 appliquent le principe des projections et 9 sont plutôt favorables à la méthode directe, mais 17 auteurs utilisent l'observateur.

Nous avons eu confirmation de cette indécision par un questionnaire envoyé, en septembre 1973, à près de 300 professeurs de dessin des Collèges d'enseignement technique qui donne les résultats suivants pour 125 réponses aux questions : " Parlez-vous de projections, avec référence au cube de projection, sans référence ; uniquement de vues ? " (6).

---

(1) DUROUX (J.) : Cours de dessin industriel, LYON, DESVIGNES, s.d., 1950(?).

(2) COLLECTIF : Pédagogie nouvelle, construction mécanique, DIJON, C.R.D.P., 5 cahiers, 1969.

(2) COLLECTIF : La nouvelle formule d'enseignement du dessin technique en F.P.A., MONTREUIL, A.F.P.A. " Notre formation ", 1970.

(3) FAVERJON (R.) : Cours résumé de dessin du bâtiment, PARIS, DUNOD, 1962.

(4) POIGNON (P.) : Les nouveaux documents du dessinateur, SARREGUEMINES, PIERRON, 10e éd., 1958.

(5) BELVALETTE : Cours de dessin industriel (1ère année), PARIS, DUNOD, 1959.

(6) DEFORGE (Y.) : Compte rendu des réponses à un questionnaire sur le dessin technique dans les sections de mécaniciens, in Recherches sur le dessin et la construction, 1975, Courrier de la recherche, I.N.R.D.P., (à paraître).

		Projections OUI	Projections NON	
Vues	OUI	15 / 12%	35 / 28%	50
	NON	74 / 59%	1 / 0%	75
		89	36	125

Si une nette majorité majorité (59 %) déclare travailler d'après la méthode des projections, 28 % accordent leur préférence aux vues. 12 % s'appuient à la fois sur les vues et les projections, ce qui peut être lié à une confusion sur le sens des termes : " Les vues et projections sont employées ensemble car la projection orthogonale de l'objet sur le côté gauche du cube de référence donne la vue de droite ". précise un correspondant.

Par ailleurs :

77 % des enseignants font référence au cube quand ils introduisent les projections, alors que 23 % ne s'en servent pas.

62 % font tracer les correspondances entre les vues et les connexions entre la vue de dessus et les vues de côté, généralement à l'aide d'une ligne à 45°.

Ces chiffres font ressortir l'existence d'un conflit mal résolu entre plusieurs approches :

- Celle de la méthode directe pure, convenant à un certain niveau, et pour le dessin de mécanique qui nécessite moins que la charpenterie, la taille des pierres, ou la chaudronnerie, la recherche d'intersections précises et de vraies grandeurs.
- Celle de la méthode des projections, assortie ou non d'artifices divers pour rattacher les opérations de projection à des activités ou des situations familières.
- Celle de la géométrie descriptive qui se développe déductivement à partir de la définition de la projection du point de la droite des surfaces sur des plans coordonnés et sur des plans auxiliaires convenablement choisis.

Le débat nous semble dépasser la question du choix d'une méthode et de sa présentation pédagogique et se situer au niveau même de la finalité du dessin technique. Pour le géomètre l'objet représenté se résout, après projection, en points, lignes, surfaces ; pour le technicien l'objet est toujours, et avant tout, une entité ayant une fonction technique, aussi est-il porté à adopter, à préserver et à cultiver l'approche qui identifie le plus directement possible l'objet technique à son image dessinée. Sauf cas particulier, son analyse n'est pas une analyse géométrique des formes, mais une analyse technologique qui appelle, sinon un mode de représentation particulier, du moins une attitude mentale différente. LEBLANC (1) le dit clairement. Dès qu'il s'agit de dessiner des objets ayant une fonction, il faut " que les élèves s'accoutument à cette idée vraie, que les formes sont toujours nécessitées et, pour ainsi dire, commandées, soit par la fonction que telle ou telle pièce remplit, soit par la matière qui doit entrer dans la construction de cette même pièce " ; et LOUBIGNAC (2), intervenant lors des travaux de la semaine du dessin, en 1924, en vient à penser que la géométrie descriptive est néfaste car " elle sépare, dans l'esprit des élèves, la ligne géométrique de la ligne qui existe sur l'objet ".

Il revient à RUBIO de TERAN (3) le mérite d'avoir présenté, dans ses principes de la représentation des objets, un essai de conciliation appuyée par une réflexion sur la situation du technicien qui dessine ou qui regarde un dessin. " Pour le dessinateur, une vue d'un objet, c'est l'objet lui-même aperçu directement, en dehors de toute considération de plan de projection. S'il passe d'une vue à une autre, il n'imagine pas un changement de plan de projection, mais un changement de position de l'observateur. Ainsi, quand il construit une vue de face, il pense qu'il occupe une position face à l'objet ; s'il construit ensuite une vue de dessus, il fait mentalement le changement de position qui donne à ses regards la direction convenable... Actuellement, il peut sembler qu'il existe deux géométries descriptives. L'une, considérée comme une branche des mathématiques, applique la méthode classique des projections orthogonales. L'autre, très rudimentaire, cons-

---

(1) LEBLANC (V.) : Choix de modèles appliqué à l'enseignement du dessin des machines..., op. cité, (1830).

(2) COLLECTIF : Le dessin industriel dans les écoles techniques. Compte rendu des travaux de la semaine du dessin (28 juillet au 2 août 1924), (sous la direction de A. DRUOT), PARIS, DELAGRAVE, 2 tomes, 1925.

(3) RUBIO de TERAN (R.) : Géométrie du dessin technique, PARIS, MASSON, 3 tomes, 1956.

titue le fondement même du dessin technique et applique une méthode propre, la méthode directe " (préface au 2e tome).

PETIT (1), dans sa critique des propositions de RUBIO, fait remarquer que la vraie méthode directe consisterait à poser une brique sur table " ronde " et à la faire observer de face, dessus, latéralement, sans autres références que celles des mouvements de l'observateur-dessinateur. Cette méthode n'est acceptable que pour des objets bien typés, connus du dessinateur, qui se réfère implicitement à un système de repérage attaché à l'objet même et situant relativement sa face principale, ses faces latérales, son dessus, son dessous, etc... Nous avons déjà dit qu'elle présentait une difficulté s'il s'agissait d'un objet inconnu ou de formes tourmentées (difficulté qui peut être levée si l'on postule que l'on ne fera dessiner ou examiner scolairement que des objets connus par leurs fonctions, leur technologie et, par conséquent, connus dans leurs formes). Une autre difficulté concerne la résolution des problèmes de recherche d'intersections et de vraies grandeurs que la méthode directe pure et primitive traitait par des constructions annexes. RUBIO s'est bien rendu compte du manque de généralité et de puissance d'une méthode directe aussi limitée et il a conçu une méthode directe qui n'est " en réalité qu'une adaptation de la méthode classique aux procédés habituels des dessinateurs ". " Pour le technicien, chaque dessin partiel est, non pas une projection, mais ce qu'il verrait de l'objet s'il occupait réellement la position de l'observateur fictif par rapport auquel la ponctuation a été faite... Cet état d'esprit du technicien se traduit par l'usage universellement adopté de définir une vue par la direction des regards de l'observateur qui lui est relative, cette direction étant matérialisée par une flèche " (2). En se plaçant dans " l'état d'esprit du dessinateur ", RUBIO définit les quatre propriétés fondamentales des vues adjacentes qui permettent de résoudre " directement " le problème général du dessin technique qui peut s'énoncer ainsi : " Etant donné un objet défini par deux vues adjacentes, déterminer une ou plusieurs vues de cet objet adjacent à l'une des vues données ".

S'agit-il, comme le prétend PETIT, d'une " descriptive du pauvre " qui s'oppose à la " descriptive des autres " (celle de MONGE), et refuse aux élèves de l'enseignement technique la capacité de se hausser à la compréhension des méthodes classiques ? Nous ne le pensons pas.

---

(1) PETIT (G.) : D'une méthode directe..., op. cité, (1958).

(2) RUBIO de TERAN (R.) : Géométrie du dessin technique, op. cité, (1956), page 55.

Il s'agit plutôt du dernier avatar de la géométrie descriptive, le seul peut-être qui ait dépassé la simple récupération de la géométrie descriptive à des fins valorisantes ou utilitaires et ait fondu dans un ensemble cohérent géométrie descriptive et dessin technique. Contrairement à ce que soutient PETIT, le dessin technique n'est pas l'enfant de la géométrie descriptive ; et quand bien même cela serait, un très vaste domaine reste en dehors du débat : les tracés géométriques, la schématisation, les représentations symboliques, les méthodes graphiques, la construction, ne découlent pas déductivement de la géométrie descriptive qui n'intervient que dans la représentation des formes. Comment tout ceci, que nous avons appelé le graphisme technique, a-t-il été ordonné didactiquement dans les cours et professions, quelles ont été les méthodes pédagogiques préconisées et les moyens mis en oeuvre ? C'est ce que nous pouvons savoir en reprenant l'analyse d'ouvrages et de documents à partir du début du XIXe siècle.

III - L'ENSEIGNEMENT DU DESSIN TECHNIQUE DE 1800 A NOS JOURS

1 - IMPLICATIONS SOCIALES DE L'ENSEIGNEMENT DU DESSIN

Nous pressentons bien qu'une étude de l'enseignement du dessin, limitée à une discussion sur l'opportunité de placer tel chapitre avant tel autre chapitre ou sur la meilleure voie pédagogique pour enseigner tel point du programme, est sans portée réelle. Il faut aller au-delà et discerner les objectifs de formation implicites et explicites, les situer par rapport à un cadre de référence, faire certaines hypothèses sur leur origine; bref, faire un travail de sociologue tout autant que d'historien. Certains auteurs qui ont fortement marqué l'enseignement de leur époque comme LEBLANC ou ARMENGAUD, certaines écoles comme la Petite Ecole de dessin du Conservatoire ou l'Ecole spéciale SCHNEIDER du Creusot, certains écrits sur le dessin comme ceux de VIOLLET-LE-DUC ou F.J. PILLET, pourraient faire l'objet de monographies dans ce sens. La vue panoramique que nous nous proposons de tracer risque de laisser échapper l'essentiel, dans la mesure où les manuels et instructions qui sont très explicites sur le fait pédagogique et technologique, le sont beaucoup moins sur le fait social. Le dessin technique y est simplement présenté comme un enseignement nécessaire, utile au technicien qui doit savoir s'exprimer graphiquement, utile aussi à l'ouvrier qui doit savoir " lire " un document. Quelques options sur l'utile, le très utile, l'inutile, introduisent des variantes dans les contenus ; elles sont finale-

ment mineures.

Les écrits moins directement opérationnels que les cours de dessin nous permettent d'apporter quelques éclaircissements sur les rapports entre l'enseignement et la société après 1800, alors que s'estompe l'esprit des cours révolutionnaires. L'institution subordonnée à l'homme, le citoyen passant avant le producteur, l'éducation sociale dirigeant l'activité de l'individu vers le bonheur et le perfectionnement de l'espèce humaine..., toutes ces grandes idées qui auraient pu avoir des conséquences pédagogiques incalculables, comme le rappelle DUMESNIL dans sa " pédagogie révolutionnaire " (1), se dissolvent et s'édulcorent.

BERGERY (2) réclame un haut enseignement populaire, car l'ignorant est exploité par l'instruit. Mais il n'est pas question d'en tirer des conclusions révolutionnaires, il s'agit de lutter contre l'Angleterre, décrite comme un colosse effrayant, d'entrer dans l'ère du machinisme avec des moyens puissants, d'élever le moral de la nation et accessoirement, comme le dit BERGERY, de lutter contre l'ivrognerie...

Le Baron DUPIN, dans son étude sur " les avantages sociaux d'un enseignement public appliqué à l'industrie " (3), se voit contraint de réfuter les arguments des détracteurs des Ecoles d'ouvriers et des Ecoles d'arts et métiers qui avaient fait l'objet d'un rapport défavorable de la commission des finances. Après " une inspection soigneuse à Châlons pour en connaître l'état moral aussi bien que l'instruction ", il affirme que la propagation des sciences industrielles ne va pas contre l'ordre établi. " Je puis donc conclure que les Ecoles d'arts et métiers, dans leur partie théorique et dans leur partie pratique, n'ont rien en elles-mêmes qui soit nuisible ; et rien qui soit dangereux, ni pour la société, ni pour le gouvernement " (4). Cependant DUPIN, " au nom de la paix sociale ", demande fermement aux ouvriers de ne pas suivre les anarchistes. Il faut enseigner et moraliser la classe industrielle, c'est aux professeurs à remplir ce double rôle que le bien public leur demande. " Alors, nous verrons dans le coeur des enfants de la patrie les vérités sacrées et fécondes. Ainsi la rosée qui vient du ciel ouvre le calice des fleurs, afin qu'il s'en exhale, dès l'aurore, un arôme qui s'élève dans les airs, comme l'encens qui plaît à Dieu ".

---

(1) DUMESNIL (G.) : La pédagogie révolutionnaire, op. cité, (1883).

(2) BERGERY (G.L.) : Géométrie appliquée à l'industrie..., op. cité, (1828).

(3) DUPIN (Ch.) : Avantages sociaux d'un enseignement public appliqué à l'industrie, op. cité, (1824).

(4) DUPIN (Ch.) : Avantages sociaux..., op. cité, p. 16.

Malgré ces discours lénifiants, la pensée socialiste agite la classe ouvrière. SAINT-SIMON et ses disciples, dont beaucoup étaient des polytechniciens, prêchent que toute société doit travailler à l'amélioration morale et physique de la classe la plus pauvre. 1830 donne un espoir aux partisans d'un changement social profond. PROTOT (1) veut mettre la géométrie descriptive à la portée des ouvriers. C'est un faible outil d'émancipation, mais PROTOT y croit : " Il semblait réservé au Soleil de juillet de dissiper les ténèbres à travers lesquelles le peuple marchait aveuglément et trébuchait à chaque pas, ce soleil, en éclairant la France, refléta jusque sur cette classe qui doit aujourd'hui nous intéresser exclusivement. Grâce à la liberté d'écrire et de communiquer ses pensées, sans quoi cet essai resterait encore dans l'oubli et le pauvre ouvrier privé des secours que je lui crois indispensables ".

Alexandre DUPUIS, le fondateur d'une Ecole de dessin dont nous aurons à parler par la suite, prononce à la distribution des prix de son Ecole, en 1836, un remarquable discours (2) en faveur de l'élargissement de la classe ouvrière (au sens pénal du terme). L'ouvrier, écroué et impuissant, recouvrera la liberté par la pratique du dessin.

---

(1) PROTOT (J.L.) : L'ami des ouvriers ou nouveau traité de géométrie descriptive théorique et pratique, REIMS, GUYOT, 1833.

(2) DUPUIS (Alex.) : L'enseignement du dessin du point de vue industriel, PARIS, chez l'auteur, 1836.

pp. 27-29 : " Lorsque de proche en proche chaque récente application de la mécanique tend à remplacer le manoeuvre par des agents matériels, sans qu'il soit permis d'assigner un terme à ces usurpations ingénieuses, il faut que le manoeuvre s'élève et devienne artisan ; et sans doute, à son tour, parmi les artisans dont les facultés auront reçu le développement le plus large, la vocation ira choisir et désigner les élus. En face de cette obligation, et aussi de cet empressement, on comprendra bientôt que le dessin élémentaire est un mot vide de sens, et que le dessin n'est pas seulement renfermé dans les bornes de l'érudition linéaire ou perspective. Le dessin, c'est tout le dessin.

En l'attaquant dans son acception la plus large, on diminue les sacrifices de l'apprentissage, on diminue partiellement le fardeau des familles ; on rend aux ouvriers cloués sur une profession solitaire la libre circulation de l'industrie, la circulation dans toutes ses branches.

En présence de ces spécialités si diverses, l'erreur serait de croire qu'une immense variété d'enseignements fût nécessaire ; un plus haut principe commande l'unanimité des leçons. Il ne s'agit pas d'enfermer, par exemple, un apprenti charron dans les limites du charronnage, un ciseleur dans la découpure du cuivre, un ébéniste dans l'habitude de confectionner cinq ou six meubles de prédilection et de trouver la spirale d'une rampe dans un bloc d'acajou, un dessinateur sur étoffe dans l'érudition étroite de l'ornement. Ce serait transporter dans le cours des routines et les inconvénients de la boutique. Autant vaudrait que l'apprenti restât chez son bourgeois ; il s'y perfectionnerait tôt ou tard dans une spécialité, comme à son école, et la question de temps ici vaudrait à peine qu'on s'en occupât. Le charron ne serait jamais que charron, et l'ébéniste qu'ébéniste ; il leur serait interdit de sortir de leur état, même quand ils en seraient chassés pour une raison ou une autre. L'enseignement ainsi considéré, loin

On peut se demander si une contestation très forte du système social n'est pas inscrite entre les lignes quand, par ailleurs, il décrit " les procédés et les agents mécaniques (qui) changent brutalement la nature d'une industrie, et couchent des populations sur la paille en attendant que la société toute entière en recueille un jour ou l'autre les bénéfices ". La réponse de BOULAY de la MEURTHE à DUPUIS, lors de cette même distribution des prix, est un non moins remarquable exercice de récupération. Après avoir rendu hommage à l'institution dirigée par " des amis sincères et désintéressés de l'instruction du peuple ", BOULAY poursuit : " On nous dit les travaux intéressants du soir après les travaux pénibles de la journée, l'application, la bonne conduite, le progrès des élèves ; le talent et le dévouement des professeurs, l'excellence de la méthode. A ce spectacle, d'heureuses et de grandes pensées nous émeuvent : l'aisance est assurée à la plupart des ouvriers instruits et laborieux, et leur existence à tous ; l'éducation générale s'améliore et se complète ; le pays gagne en moralité, l'ordre public se cimente, nos institutions s'affermissent ; les sources de richesse nationale se multiplient ; le goût des Beaux-arts se propage, et la patrie espère des illustrations nouvelles et une nouvelle gloire ! " (1).

(Suite de la note DUPUIS de la page précédente)

de pouvoir suffire à chaque exigence partielle, car un professeur est bien loin de savoir tout, et même, sachant tout, est dans l'impuissance de pouvoir l'enseigner ; l'enseignement, dis-je, se trouverait encore loin du compte avec les exigences graves du présent et de l'avenir. La mission du professorat, sociale avant tout, doit s'élever à la prévoyance. En écrouant, pour ainsi dire, les ouvriers dans une profession, et cela sans considérer que les découvertes de la mécanique moderne, d'accord avec la mobilité de l'industrie et du commerce, portent sans pitié d'incalculables ravages au milieu des catégories impuissantes, ou les frappent de mortes saisons régulières ; en écrouant ainsi ces enfants et ces hommes (je ne dis rien des femmes, on ne s'en occupe pas), on perpétue le mal dont les esprits attentifs cherchent depuis si longtemps le remède.

Peut-être, en France, est-ce du haut de la chaire du Conservatoire des Arts et Métiers que l'on devrait proclamer ces vérités, et faire voir quelles conséquences en résulteraient pour l'industrie... Le Conservatoire est aux Arts et Métiers pour toute la France Industrielle, ce que l'Université est à nos collèges. L'élan doit venir du centre ".

(1) " M. BOULAY de la MEURTHE remet, en les embrassant, à MM. DUPUIS Alex, DUPUIS F. et CAILLOUETTE, des médailles données par leurs élèves. Cette scène imprévue excite l'attendrissement des trois professeurs et une émotion générale dans l'assemblée ".

Entre 1830 et 1848, " l'enseignement du peuple " est à l'ordre du jour, soit comme " une reconnaissance solennelle de l'intime relation existant entre l'essor de l'instruction chez un peuple et le progrès de l'industrie " (1), soit comme une condition des progrès de la société. FOURIER, Louis BLANC, sont les penseurs les plus connus d'un nouvel ordre social. L. BLANC, dans " l'organisation du travail " (1839), souligne la très nette interdépendance qui doit exister entre les objectifs politiques et les aspirations sociales. Les ateliers sociaux préconisés par L. BLANC sont des sortes de coopératives de production très égalitaires. Cet égalitarisme ne peut être institué que si "une éducation toute nouvelle" change "les idées et les moeurs". AUDIGANNE (2), qui avait placé ses espérances dans ces théories, est effaré du résultat après la révolution de 1848. Le travail refuse son concours à l'oeuvre de production, déplore-t-il, " des théories faites d'avance (se trouvant) prêtes pour systématiser ce désordre. Maîtresses du pouvoir sans être maîtresses elles-mêmes, elles s'écroulent au contact de la réalité après avoir été conçues dans un monde imaginaire. Elles promettaient le bonheur aux ouvriers en préparant la misère publique ". Il souhaite que les écoles " viennent stimuler un peu nos moeurs rebelles " (3) et que le sentiment de solidarité ouvrière patriotique et internationale soit cultivé dans les écoles techniques ".

Après 1848, les impératifs industriels prennent le pas sur les perspectives sociales. Pour MORIN et TRESCA (4), le dessin doit être à la base de tout enseignement ayant pour but de préparer les jeunes gens à l'industrie, mais pour se prémunir contre l'objection qui consiste à dire " que l'instruction va exciter de nouvelles ambitions dans une classe déjà tourmentée ", les deux auteurs hiérarchisent leur plan d'organisation de l'enseignement industriel. Le premier degré recevra une initiation par la pratique " suffisante pour la plupart des opérations de l'industrie manufacturière ". La référence à la hiérarchie militaire apparaît chez POMPÉE (5)

---

(1) COLLECTIF : Association polytechnique, Cours d'économie industrielle, PARIS, HACHETTE, 7e Série, 1868, article AUDIGANNE, p. 199.

(2) AUDIGANNE (A.P.) : L'industrie française depuis la révolution de février, in Revue des deux mondes, 1849, 19e année, nouv. période, pp. 978-1006, op. cité.

(3) AUDIGANNE (A.P.) : L'industrie française..., op. cité, pp. 978-1006.

(4) MORIN (A.), TRESCA : De l'organisation de l'enseignement industriel et de l'enseignement professionnel, op. cité, (1862).

(5) POMPÉE (Ph.) : Etude sur l'éducation professionnelle en France, PARIS, PAGNERRE, 1863.

qui veut former dans des collèges industriels " les soldats de l'industrie ". Elle séduit GIN (1) qui distingue les " officiers de l'industrie " (ingénieurs) ; les " sous-officiers " issus de l'enseignement technologique professionnel ; les " soldats d'élite ", formés par l'enseignement manuel d'apprentissage, " en dessous desquels vient se placer le déshérité intellectuel qui sera le manoeuvre ". GIN, conscient de ce que cette hiérarchie peut avoir de contraignant, préconise un nouveau contrat social ; chacun se sentant solidaire des autres à travers les opérations industrielles que l'école reproduit en associant dessin, technologie et fabrication. GIN pense retrouver les conditions d'une " éducation positive " qui s'opposerait à l'éducation des lycées " essentiellement théologique, métaphysique et littéraire ".

LASSEZ (2) ne croit pas au déterminisme du progrès technique, il se fait l'écho du Congrès ouvrier de 1876 et des travaux de la Société pour l'éducation libre, fondée en 1872. Sans contester fondamentalement le " fait industriel ", il propose plusieurs réformes en faveur de la masse des producteurs. La formation dans les ateliers devrait être supprimée, un cycle professionnel commun aux enfants de la bourgeoisie et aux enfants du peuple devrait être institué entre 12 et 14 ans, après se ferait l'orientation (3). Quant aux contenus, LASSEZ oppose l'enseignement professionnel en Allemagne à sa propre conception. Cette instruction, dit LASSEZ, si elle satisfait tout à fait l'industrie, loin d'émanciper les ouvriers allemands, " semble encore les prédisposer davantage à la servilité. La raison en est bien simple : c'est que l'enseignement qu'ils reçoivent sur les bancs de l'école est incomplet, c'est qu'il a pour base le principe d'autorité au lieu d'avoir pour assises la dignité humaine et la liberté ". Il faut un enseignement qui donne à l'industrie et à la patrie " des citoyens soucieux de leurs droits et de leurs devoirs ; à la population ouvrière, livrée à l'exploitation et à la misère par une funeste spécialisation, le bien-être matériel en même temps que l'affranchissement intellectuel ".

---

(1) GIN (G.) : Esquisse d'une méthode d'enseignement professionnel, BOLBEC, TASTEVIN, 1893.

(2) LASSEZ (G.) : L'enseignement professionnel, ce qu'il est, ce qu'il doit être, PARIS, Publication de la réforme économique, 1877, Broch. B.N. Vp 759.

(3) LASSEZ cite en exemple l'Ecole MONGE, fondée en 1869, par un groupe de polytechniciens. C'était un cycle moyen avec enseignement " polytechnique " au sens actuel du terme, (Brochure B.N. Vp 755).
Proposition que l'on trouve aussi dans MARX et qui inspirera les pédagogues soviétiques.

C'est ce que réclame PROUDHON dans " l'idée générale de la Révolution au XIXe siècle " pour qui, distinguer l'éducation de l'apprentissage, " c'est reproduire, sous une autre forme, la séparation des pouvoirs et la distinction des classes, les deux instruments les plus énergiques de la tyrannie gouvernementale et de la subalternisation des travailleurs ".

Il faut rapprocher de cette instruction qui lie le travailleur à sa condition, " l'esprit maison " cultivé dans de nombreuses Ecoles d'entreprises. La mystique de l'entreprise se substitue alors à la conscience politique et sociale et l'annihile aussi sûrement qu'une instruction purement technique (1).

Cet échantillonnage de déclarations au sujet de l'enseignement professionnel, que nous n'avons pas poursuivi au-delà de 1900, montre suffisamment combien il est difficile de modifier " l'ordre des choses " quand aucun projet social puissant ne s'oppose à l'ordre technique, et qu'il est encore plus illusoire de penser que l'enseignement du dessin seul peut être un agent de changement. Pour répondre à LIPSMEIER que nous citions au début de cette partie de notre étude, la dimension opératoire du dessin technique, qui est grande dans le cadre de la technique, s'avère nulle, ou presque, en dehors. A l'encontre de ce que pensaient la plupart des fondateurs d'écoles de dessin, l'émancipation des travailleurs ne s'est pas faite par l'élévation du niveau technique. Ce qui a pu favoriser les promotions individuelles - avec tout ce que cela comporte d'acceptation de la règle du jeu ou de renoncement - est sans effet sur le destin de l'ensemble.

Si nous posons avec BOURDIEU et PASSERON (2) que le " fait social " est présent partout, qu'il influe sur le système de production qui lui-même influe sur l'enseignement et se " reproduit " à l'intérieur même de l'Ecole technique, c'est plutôt à travers les indices comme la blouse blanche du professeur, les ablutions préalables au travail

---

(1) Cf. infra, " Les Ecoles dentreprises ", citation CHEYSSON.

(2) BOURDIEU (P.), PASSERON (J.C.) : La reproduction, élément pour une théorie du système d'enseignement, PARIS, ED. de MINUIT, 1968.

en salle de dessin, les connotations du vocabulaire : le dessin " jette un pont ", " reconcilie ", " conjugue harmonieusement le savoir théorique et celui du praticien " (1) et surtout l'hypertrophie des séquences d'enseignement valorisant (géométrie descriptive, cotation fonctionnelle, circuits logiques) qu'un sociologue pourrait déceler la trace de la soumission (ou d'une contestation diffuse) à un ordre social découlant de la dominante technique.

TOURNEBIZE (2) exprime lapidairement cette sorte de fatalisme dans l'introduction de son ouvrage : " La technique tient une place sans cesse croissante dans notre société. Elle agit sur nous et nous transforme presque inconsciemment en imposant de nouvelles façons d'agir et de penser ". En conséquence, le rôle naturel de l'Ecole technique est d'inculquer ces nouvelles façons d'agir et de penser aux futurs techniciens.

CANONGE et DUCEL, dans un chapitre de leur livre sur " la pédagogie devant le progrès technique " (3), opposent, à propos du dessin technique, deux " écoles pédagogiques ". La " traditionnelle " qui s'attache d'abord à faire longuement étudier des volumes et des assemblages de volumes sans signification technique et la " nouvelle " qui s'appuie d'emblée sur l'observation et l'analyse des objets techniques. Ces auteurs reprochent à la méthode traditionnelle de créer une césure entre le dessin de formes géométriques et le dessin fonctionnel. " Ayant posé comme règle pédagogique que les formes ne seraient pas raisonnées pendant la phase d'initiation au dessin technique, l'élève ne prendra pas conscience du fait que le dessin n'est pas une fin en soi, mais un moyen d'expression graphique qui n'a de valeur que si l'on a quelque chose à " dire " (...) ; habitué à tracer des traits sans réfléchir à la raison d'être des formes qu'il dessine, à séparer le graphisme de la pensée, l'élève ne pensera son travail en technicien que s'il y est contraint par la suite. Les mécanismes graphiques ou les routines techniques l'emporteront trop souvent sur la réflexion ". Cette discussion

---

(1) MATRAY (F.) : Pédagogie de l'enseignement technique, PARIS, P.U.F., 1952.

(2) TOURNEBIZE (J.) : Dessin et technologie, PARIS, MASSON, 2 tomes, 1970-71.

(3) CANONGE (F.), DUCEL (R.) : La pédagogie devant le progrès technique, PARIS, P.U.F., 1969.

pédagogique s'appuie sur des justifications psychologiques (l'élève n'aura aucune difficulté à passer de l'objet à sa représentation ; les élèves sont avides de s'exprimer graphiquement, etc...) dont tout ce qu'on peut en dire est qu'elles relèvent parfois de l'affirmation gratuite (1).

La méthode traditionnelle, qui a été en honneur en France pendant de longues années et qui l'est encore en Allemagne et aux Etats-Unis, est-elle aussi nettement condamnable que CANONGE et DUCEL le disent ? Notre enquête sur l'enseignement du dessin technique dans les sections de mécaniciens des C.E.T. (2) nous apporte une information troublante. Alors que tous les répondants (125) affirment ne pas faire faire du dessin géométral de formes diverses sans fonctions, 61 % répondent " oui " à la question " utilisez-vous l'artifice pédagogique qui consiste à décomposer un volume en solides géométriques élémentaires ? ", pratique qui nous semble très liée à la méthode traditionnelle, puisque CANONGE et DUCEL donnent comme un trait caractéristique de cette méthode la création de formes, " soit par juxtaposition des solides élémentaires, soit par l'enlèvement de volumes simples d'un bloc initial ". Une telle discussion, qu'on pourrait poursuivre longtemps, masque le fond de la pensée de CANONGE et DUCEL telle qu'elle ressort, brutalement, de leurs explications. La technique évolue, donc les contenus et la pédagogie doivent changer, sinon nous ne formerons pas de bons techniciens, pensant leur travail en techniciens et la technique ne progressera plus, ou le technicien n'en sera plus un...

Dans ce raisonnement comme dans celui de TOURNEBIZE, le vrai moteur du changement, ce n'est pas la pédagogie, c'est la technique.

CAMPA, qui a toujours défendu la thèse de la stricte conformité à la pratique industrielle " la plus évoluée ", donne une autre justification de la méthode nouvelle dans la préface d'un ouvrage destiné à la faire connaître aux professeurs (3). " Les auteurs, écrit CAMPA, ont proposé une pédagogie nouvelle de l'enseignement de la construction, inspirés par leur désir de donner à cette discipline technologique une plus grande place dans la formation des jeunes ". Cette raison, qui n'est pas plus probante que la précédente de la suprématie de

---

(1) BONNET (M.) : Analyse critique de l'ouvrage de CANONGE et DUCEL, Bulletin du C.E.R.P., 1970, n° indét., pp. 159-160.

(2) DEFORGE (Y.) : Questionnaire..., op. cité.

(3) CHABAL (J.), DE PRESTER (R.), SCLAFER (J.), DUCEL (R.) : Méthodologie de la construction mécanique, PARIS, FOUCHER, 1973.

la méthode nouvelle, suffirait cependant à la justifier, car on peut admettre que le souci qu'a le professeur de valoriser son enseignement, qui s'est naguère traduit par la place faite à la géométrie descriptive dans les cours de dessin, même quand elle n'était pas, apparemment, nécessaire et, plus récemment, par l'importance accordée à la cotation fonctionnelle, puisse se manifester aujourd'hui par une fixation de l'intérêt sur la construction et l'organisation des ensembles techniques.

CAMPA est conscient que cette motivation " adulte " ne conduit qu'à l'auto-satisfaction si l'enseignement ne se raccorde pas, d'une façon ou d'une autre, à un système de valeur extérieur à l'Ecole. Pour lui, c'est le système de production industrielle, et les contenus d'enseignement sont dérisoires quand ils ne se réfèrent pas " aux techniques les plus évoluées, celles qui sont nées d'études conduites avec le souci de progrès et de rentabilité ". La pédagogie est " très critiquable " chaque fois qu'elle fait passer l'élève avant le futur producteur : " La priorité de la vérité technique sur la stratégie pédagogique doit être la règle d'or des enseignements technologiques ". Dans son " action psychologique " sur les élèves, le maître aura notamment pour idéal " d'éveiller leur imagination créatrice, de leur apprendre à travailler en équipe, de leur donner le goût des responsabilités, d'exalter leur sensibilité, de préparer leur esprit au raisonnement logique, afin de rendre possibles le jugement et les prévisions relatives aux actions technologiques à venir ". L'enseignement renové de la construction dans les établissements du second cycle technologique court est exemplaire et doit " sans tarder s'étendre à d'autres disciplines afin que (les) élèves puissent poursuivre leurs études et entrer dans la vie active avec un profil favorable à leur adaptation aux exigences de notre société en perpétuelle transformation ". Perpétuelles transformations dues à la seule évolution technique. La pierre de touche de la qualité d'une société, c'est, pour CAMPA, son " adaptation à l'évolution technologique ".

Le graphisme technique qui apparaît de prime abord très tributaire d'une hiérarchie et d'une structure technique révèle, à l'analyse, qu'il est aussi un fait social puisque, comme nous l'avons montré, il est toujours adapté à un utilisateur (aujourd'hui très typé par les profils et niveaux professionnels) dans une situation donnée, à une époque déterminée. L'Ecole, en se structurant à l'image de l'industrie (1),

---

(1) DEFORGE (Y.) : Réflexions sur les équipements des ateliers scolaires, in Education et culture, 1973, n° 21, pp. 31-37.

en reproduit la hiérarchie technique et, par conséquent, la hiérarchie sociale. A cela s'ajoute une série d'effets secondaires qui en renforcent le caractère normalisateur. La pédagogie et les "enseignements valorisants", en introduisant des divergences par rapport à la norme industrielle, sont des sortes de contestations diffuses ; mais tout refus avéré de soumission au fait industriel, toute divergence excessive par rapport à la norme, sont exclus dans la mesure où cela reviendrait à renoncer à la préparation à l'empmoi. C'est pour cela que les auteurs d'ouvrages sur le dessin ont toujours cherché à améliorer " l'outil de travail", pas à le briser ou à le déformer. VALMALETTE (1) résume bien cette attitude dans son adresse aux élèves "cet ouvrage a pour objet de vous permettre et de vous faciliter l'étude de cette langue expressive, claire, concise, de caractère international, qui constitue le dessin technique normalisé. En apprenant à vous en servir, souvenez-vous toujours que, dans l'industrie, tout est subordonné à l'exactitude rigoureuse, à la rapidité d'exécution, donc au prix de revient et que cela concerne le dessin... Quels que soient les services que vous attendez du dessin plus tard, acquérez d'ores et déjà les notions théoriques et les normes qui en sont la base. Inspirez-vous de nos directives, de nos conseils et de ceux de vos professeurs. Vous aurez ainsi un outil de travail de première valeur dans la vie moderne".

La thèse du progrès technique continu conduisant le monde à "l'harmonie sociale", et portant au pouvoir ses plus humbles mais plus fidèles serviteurs, sont de tragiques mystifications. Il y a, dans la situation actuelle du monde industriel, matière à réflexion pour les techniciens comme pour les non-techniciens, pour les laudateurs de la technique comme pour ses contempteurs, mais "tous tombent dans la même ornière. Ils remplissent tous la même fonction, d'autant mieux qu'ils sont plus authentiques et plus vrais. Plus ils disent vraiment la révolte la plus authentique de l'homme et plus ils réussissent à arracher à cette puissance sa valeur d'agression pour la mieux situer à l'intérieur de la civilisation technique" (2).

2 - LE DESSIN LINEAIRE A L'ECOLE PRIMAIRE ET LE DESSIN GEOMETRIQUE DANS L'ENSEIGNEMENT SECONDAIRE

ROUSSEAU, se fiant à son intuition, sépare nettement le dessin de la géométrie. "La géométrie, dit-il, n'est pour mon élève que l'art de bien se servir de la règle et du compas : il ne doit pas la confondre avec le dessin, où il n'emploiera ni l'un ni l'autre de ces instruments". Ses successeurs, dont PESTALOZZI, fusionnent les deux apprentissages. La forme géométrique constitue l'essence même du dessin et sa didactique, pour les enfants comme pour les adultes, va tout naturellement des formes simples aux formes complexes.

Parmi les facteurs dont dépend la perception : physiologique, psychogénétique, éducatif et culturel, seul le facteur éducatif

(1) VALMALETTE (J.M.) : Le dessin technique normalisé, tome I, 1ère partie, PARIS, VUIBERT, 1957.
(2) ELLUL (J.) : La technique ou l'enjeu du siècle, PARIS, A. COLIN, 1954.

est pris en considération, d'une façon si large il est vrai, que l'on peut considérer qu'il déborde sur les autres. Pour PESTALOZZI, il s'agit d'apprendre à " bien voir " par une analyse des formes et le contact avec l'objet. Cette prime éducation qui commence par le dessin de lignes droites, de carrés, de triangles, d'arcs de cercles, avait le mérite, dans sa rigidité doctrinale, de forcer la perception, le non-naturel devenant, par la volonté qu'il en soit ainsi, une seconde nature, " un sixième sens ", dit FRANCOEUR. Comme nous avons vu que l'écriture linéaire avait pu modifier la façon de voir et de représenter, ici l'éducation s'emploie à briser les résistances et les barrages socio-culturels et même à forcer l'évolution psycho-génétique en obligeant les enfants sinon à " bien voir " du moins à voir unanimement. Cette thèse, qui fut en honneur pendant tout le XIXe siècle, présentait quelque avantage matériel. D'une part, elle permettait un enseignement systématique des rudiments et, d'autre part, elle constituait une base commune à l'enseignement du dessin d'art et du graphisme professionnel. C'est à ce titre que le dessin linéaire ou géométrique à l'école primaire nous intéresse.

Déjà inscrit dans les projets d'organisation de l'instruction publique élaborés par l'Assemblée nationale (1791) et dans le projet ROMME (1793), le dessin linéaire fait l'objet d'un travail de commission qui trouve sa conclusion dans le rapport FRANCOEUR (1818) " sur l'art du dessin linéaire, afin que les principes de l'enseignement mutuel fussent appliqués à ce genre d'instruction ". La loi du 23 juin 1833 met le dessin linéaire au nombre des matières obligatoirement comprises dans le programme des Ecoles primaires supérieures, afin d'aider " à préparer de bons contremaîtres et chefs d'atelier " (1). La loi du 15 mars 1850 supprime les Ecoles primaires supérieures, mais maintient le dessin linéaire dans le programme des écoles primaires. L'article 56 de cette loi précise " qu'il sera ouvert chaque année au budget du ministère de l'instruction publique un crédit pour encourager les auteurs de livres ou de méthodes utiles à l'instruction primaire et la fondation d'institutions telles que les Ecoles du dimanche, les écoles dans les ateliers des manufactures, les classes dans les hôpitaux, etc... ". Cette incitation à faire du dessin à l'école primaire une préparation au dessin professionnel et les confrontations avec les méthodes étrangères connues à travers les Expositions universelles qui, à partir de

---

(1) BUISSON (F.) : Dictionnaire de pédagogie et d'instruction primaire, PARIS, HACHETTE, 6 tomes, 1882, 1ère partie, tome I, p. 693.

1851, comportant toutes une section consacrée aux " arts industriels " (1), font surgir une quantité de méthodes, de plans d'études et d'ouvrages, presque tous inspirés par le souci d'être progressif, rationnel, pratique.

Quelques auteurs, comme RAVAISSON (1853), contestent cette orientation qui, si elle peut convenir " à enseigner le dessin à la classe ouvrière, à cette classe qui a besoin pour l'exercice d'une foule de professions plus ou moins mécaniques d'une connaissance élémentaire du dessin et qui ne peut consacrer que peu de temps à l'acquérir ", ne saurait être généralisée et étendue aux lycées. L'arrêté du 2 juillet 1866 range au nombre des matières du programme des Ecoles normales d'instituteurs le dessin linéaire et le dessin d'ornement, montrant ainsi qu'on ne cherche pas seulement une préparation industrielle (2). Cependant, " l'Union centrale des Beaux-arts appliqués à l'industrie ", animée par le sculpteur E. GUILLAUME, exprime son opposition : " Assez de dessin d'art ou d'agrément ", écrit GUILLAUME, il faut d'abord dessiner méthodiquement et géométriquement ; sans le dessin linéaire " tout un ordre de conceptions humaines se dessèche faute de moyen d'expression, sans lui point d'ouvriers habiles, point de bons chefs d'atelier, point de progrès et d'excellence dans les plus relevées des industries, celles qui rendent témoignage d'une civilisation " (3).

Les programmes officiels de l'enseignement du dessin dans les écoles primaires du 14 janvier 1881, rédigés par GUILLAUME, marquent la suprématie de la méthode géométrique " dont les principes s'enchaînent rigoureusement et qui, dans ses applications variées, donnent des résultats d'une incontestable certitude ". L'objet de l'enseignement du dessin est beaucoup moins de stimuler la personnalité de l'élève, de susciter chez lui le sentiment et le goût artistiques, que de le mettre en état de reproduire avec une exactitude rigoureuse les modèles qu'on place devant ses yeux (4). Le programme des écoles primaires se termine, pour le cours supérieur, par " le relevé, avec cotes et représentation géométrale au trait, de solides géométriques et d'objets simples, tels que : assemblages de charpente et de menuiserie, dispositions extérieures d'appareils de taille de pierre, de grosses pièces

---

(1) DUVAL (Ch.) : Du dessin dans l'industrie par les Beaux-arts, PARIS, LACROIX, 1864.
OTTIN (A.) : Rapport sur l'enseignement du dessin à l'Exposition universelle en 1878, PARIS, CHAIX, 1879.

(2) BUISSON (F.) : Dictionnaire..., op. cité, éd. de 1911, p. 467.

(3) BUISSON (F.) : Dictionnaire..., op. cité, éd. de1882, pp. 682-683.

(4) BUISSON (F.) : Dictionnaire..., op. cité, éd. de 1911, p. 466.

de serrurerie, meubles les plus ordinaires, etc... ". Le programme de formation des maîtres se calque sur ce qui précède (relevé, plans, organes de machines) avec, pour les institutrices, des modèles de coupe de vêtements.

On assiste, après 1900, à une remise en cause de la méthode géométrique " qui laisse moisir pendant des années les enfants sur des carrés, des angles droits, des étoiles à huit pointes " et dont il leur reste " que l'horreur invincible de l'ennui qu'(elle) leur a causé ". GUEBIN, Inspecteur général du dessin, dans un dossier manuscrit (1) sur la formation des instituteurs et l'enseignement du dessin dans les Ecoles primaires en France et dans différents pays, entre 1870 et 1900, se fait l'écho des critiques dont l'objet est un dessin trop rigoureux et excessivement tourné vers l'industrie. Par réaction, les programmes et instructions sur le dessin de 1909 mettent l'accent sur le développement libre de l'élève, l'observation de la nature, la forme, la couleur, les facultés d'imagination, les goûts naturels et les aptitudes spontanées (2).

Les instructions pour l'enseignement primaire de 1923 (3) rappellent que l'enseignement du dessin (aux cours préparatoire, élémentaire et moyen) demeure régi par les principes adoptés en 1909. Par contre, elles insistent plus que celles de 1909 sur le dessin géométrique, qui, séparé du dessin libre, mais subsistant dans l'enseignement primaire, ne saurait être négligé. " Trop important est son rôle dans l'éducation générale et dans l'éducation professionnelle ; trop étroits sont ses rapports avec l'enseignement des sciences et leur application. On peut même se demander s'il ne conviendrait pas de réserver au dessin géométrique la moitié du temps assigné à l'enseignement du dessin. Toutefois, l'importance du dessin artistique et du dessin géométrique pouvant varier suivant les régions, le premier devant primer le second dans celles où prospèrent les industries artistiques et le second devant primer dans celles où fleurissent les industries mécaniques..."

Les programmes provisoires du 12 octobre 1944 reprennent les

---

(1) GUEBIN : Documents manuscrits relatifs à l'enseignement du dessin, s.l.n.d., Biblioth. I.P.N. n° 1386.

(2) BUISSON (F.) : Dictionnaire..., op. cité, éd. de 1911, pp. 467-468, (article " dessin " signé PELISSON).

(3) ANONYME : Horaires, programmes, méthodes. Ecoles primaires élémentaires et maternelles, cours complémentaires, Ecoles normales, PARIS, Brochure I.P.N., n° 100 pr., 1954.

programmes de 1923 et les instructions restent les mêmes jusqu'en septembre 1965, date à laquelle une circulaire réforme l'enseignement du dessin, en ne laissant subsister que " quelques explications avec dessin à l'appui sur les projections des solides " et, comme applications, le dessin géométral d'objets simples (...) et des exercices de croquis cotés relevés par les élèves eux-mêmes sur des objets simples ou d'après des perspectives cavalières ".

Outre l'enseignement primaire, l'organisation de l'enseignement du dessin dans le second cycle est aussi l'oeuvre de GUILLAUME. Estimant que ce qui s'était fait jusqu'alors dans l'enseignement secondaire non technique était sans valeur, GUILLAUME, alors directeur des Beaux-arts, nomme 19 inspecteurs chargés d'une vaste enquête. Une grande commission d'étude se réunit, en 1880, à l'initiative de J. FERRY. Elle décide la création d'un corps de professeurs spécialisés à trois niveaux (enseignement primaire premier cycle et supérieur) et l'instauration d'un concours de recrutement ouvert aux anciens élèves des Beaux-arts, des écoles de dessin et des écoles professionnelles avec des épreuves graphiques, orales et pédagogiques. On parle même de la création d'une agrégation de dessin géométrique. En 1882, des stages de huit jours sont organisés pour les candidats. Ces professeurs n'enseigneront que le dessin géométrique, d'autres professeurs se chargeront du dessin artistique. L'intention est nette : il s'agit d'introduire le dessin géométrique en tant que discipline dans tout le second cycle. " Le dessin géométrique est, par essence, le dessin industriel, il est l'intermédiaire obligé entre la conception et la réalisation. C'est pourquoi l'Université en enseigne les éléments à tous, mais surtout à ceux qui, par profession, seront appelés à la matière aux besoins de l'humanité " (1). On se propose de rendre concret l'enseignement de la géométrie, d'enseigner des notions de technologie qui élèvent le niveau des connaissances générales et sont toujours utiles et d'initier aux principes du dessin géométrique car " le dessin géométrique est le langage même de certaines technologies ".

Le programme, préparé par GUILLAUME dès 1879, publié en 1881 et remanié plusieurs fois jusqu'à sa forme ultime de 1902, est extrêmement ambitieux, il comporte, de la 6e à la classe terminale : figures planes, représentation d'objets, théories des projections, ombre et lavis,

---

(1) PILLET (J.J.) : Programmes officiels de l'enseignement secondaire du 31 mai 1902 et directions pédagogiques relatives à l'application de l'enseignement du dessin géométrique, PARIS, HACHETTE, 1905.

architecture et construction, mécanique et machines, perspective linéaire, topographie théorique ; on remarquera que la géométrie descriptive n'est pas citée comme matière à enseigner sous forme de leçons. Elle apparaît, par contre, dans le programme de mathématiques des classes de première et terminales. Ces classes préparatoires aux Ecoles d'ingénieurs ont un programme complémentaire. Des dossiers documentaires sont préparés, des listes de modèles sont dressées. Certains modèles seront fournis par l'administration, mais d'autres peuvent être achetés " dans les bazars " (articles de ménage, outils de menuisier, serrurerie) ou fabriqués par les Ecoles d'arts et métiers et les Ecoles pratiques d'industrie. Les organes de machines et les pièces hors d'usage pourront être donnés par des industriels obligeants.

La pédagogie sera active, concrète et progressive. On ira des figures à deux dimensions aux objets à trois dimensions. A défaut de mieux, on recommande " la reproduction en relief des objets et des êtres " par le modelage.

En 1889, GUILLAUME et PILLET exposent les premiers résultats de leurs efforts. PILLET dit sa satisfaction : les programmes sont rédigés, les modèles existent, plus de cent professeurs ont été formés et le recrutement est assuré (1).

Les programmes de 1902 présentent une similitude frappante avec les orientations ministérielles de 1974-75 pour le premier cycle (deux types d'enseignement, A et B, orientation souple, options possibles). Ils avaient l'ambition d'introduire, par le dessin géométrique et la technologie généralisée, une forte orientation moderne dans l'enseignement secondaire.

On leur reproche aussitôt d'introduire une spécialisation trop précoce et d'être déséquilibrés, on brocarde les " palatins " (la section B). Les réformes de 1909 et de 1923, malgré les atténuations apportées par la suite (1925), sont une " réaction contre la régression de la culture générale devant le développement envahissant des disciplines spécialisées ". Les auteurs des instructions de 1925 se vantent " d'avoir réussi à constituer un enseignement secondaire unique, dans lequel les sections A et B, mêlées pour toutes les matières communes, ne diffèrent plus l'une de l'autre que pour l'option langues anciennes et l'option langues vivantes, du même coup (se trouve) restauré le type

---

(1) GUILLAUME (E.), PILLET (J.J.) : L'enseignement du dessin (monographie publiée à l'occasion de l'Exposition universelle de 1889), PARIS, Imp. nationale, 1889.

normal et, pour ainsi dire canonique, d'un enseignement de culture générale " (1). Le dessin géométrique disparaît du programme au bénéfice du dessin libre et du dessin artistique, il n'est maintenu que dans la classe de mathématiques comme application du cours de géométrie descriptive.

Si le dessin géométrique disparaît complètement, après 1950, des enseignements du premier cycle et du second cycle, il se maintient encore dans les premiers cycles rattachés aux lycées, suivant les instructions de 1938, qui préconisent deux formes de dessin géométrique : l'une est l'application du cours de géométrie ; l'autre, consacrée aux diverses formes de dessin technique, est en liaison étroite avec l'enseignement du travail manuel. " Ces exercices devront être répartis sur toute la scolarité ". " Il est nécessaire que les élèves garçons et filles sortant du premier cycle soient entraînés à l'emploi des instruments usuels du dessin (à l'emploi des projections orthogonales), qu'ils soient capables de faire un croquis intelligent et une mise au net soignée et précise ".

Dans les cours complémentaires, l'arrêté du 24 juillet 1947 indique qu'en classe de quatrième et de troisième, on peut faire " des croquis cotés, des dessins d'objets, des perspectives cavalières d'éléments d'architecture, d'organes de machines et croquis cotés de ces objets ". Il est fait allusion au dessin dans le programme de travail manuel (croquis, schémas) et de sciences et de géométrie pour les éléments géométriques (lignes, surfaces, volumes).

Les programmes des Collèges d'enseignement général (1947 et 1963) (2) donnent, sous le titre " dessin et dessin d'art ", des indications assez semblables aux programmes de 1938 pour les classes correspondantes des lycées. On trouve en troisième, au milieu de thèmes artistiques, les " notions élémentaires de perspective (...), d'outillage, d'éléments d'architecture d'organes de machines et croquis coté de ces objets ", déjà citées précédemment.

A la même époque, la technologie apparaît dans les programmes de 4e et 3e avec " son expression graphique, le dessin technique ",

---

(1) ANONYME : Instructions du 2 septembre 1925, Ministère de l'Instruction publique, s.l.n.d.

(2) ANONYME : Les Collèges d'enseignement général, horaires, programmes, instructions, PARIS, Brochure I.P.N., n° 60 Pg, 1963.

dont nous avons retracé l'histoire par ailleurs (1) et dont on sait que, pour le dessin, il s'est agi d'une transposition de l'enseignement précédemment donné dans les 4e et 3e techniques ou d'une réduction homothétique des cours de dessin habituellement donnés en seconde technique. Il en va de même de l'enseignement du dessin dans les classes préparatoires à l'apprentissage ou préprofessionnelles, où les programmes n'ont rien d'original par rapport aux programmes des classes de " commençants ". Tous les ouvrages d'enseignement destinés à ces publics (2), se référant aux programmes et aux instructions les plus récentes, partent de représentations d'objets appartenant à l'univers technique supposé des élèves. En conséquence, on ne s'attarde plus " à la représentation de pièces conçues spécialement pour permettre des exercices de lecture ; (on exclut) l'empilage de solides géométriques pour constituer des objets factices et (on rejette) la cotation n'ayant d'autre but que de définir des formes sans se soucier du fonctionnement,(on associe) la représentation de l'objet et les fonctions techniques à assurer " (3).

D'après ce qui précède, nous pouvons ramener à deux les voies d'apprentissage de la " lecture " du dessin, que la méthode de représentation soit visuelle ou projective.

La première est celle des géomètres pour lesquels " l'alphabet " est l'élément géométrique (point, droite, cercle), parfois la surface ou le volume, appuyé sur une observation et une manipulation de matériel, signifiant géométriquement.

La seconde est celle des techniciens pour lesquels " l'alphabet " est l'élément technologique (vis, boulon, carter, arbre,etc...) ou encore l'élément fonctionnel ou opérateur technique remplissant la fonction technique.

De ces deux niveaux de lecture, les partisans du dessin linéaire ont postulé que le plus simple, le plus accessible, était le premier, faisant passer la perception d'éléments et de formes signifiants géométriquement avant celle d'éléments et de formes signifiants techni-

---

(1) DEFORGE (Y.) : La technologie, mémoire principal pour le diplôme d'études psychologiques et pédagogiques, LYON, ronéoté, 1964.

DEFORGE (Y.) : L'éducation technologique..., op. cité.

(2) DEFORGE (Y.) : Initiation à la lecture de dessins techniques, PARIS, I.N.R.D.P., 2e éd., 1969.

DEGOULANGE (F.), THEROLLE (J.) : L'expression graphique en technologie, classes de 4e et 3e, PARIS, BORDAS, 1973.

(3) GEMINARD (L.) : Instructions du 11 août 1964, enseignement de la technologie en 4e et 3e modernes, B.O. n° 31, 1964, p. 1855.

quement. Il faut pourtant se demander si la " lecture " d'un cube est plus simple que la " lecture " d'une cale cubique. Tout dépend, à notre avis, du concept induit à partir d'indices pertinents, que l'induction soit diachronique, c'est-à-dire tributaire d'expériences antérieures, ou synchronique, c'est-à-dire concomitante à la perception.

WALLON, FRAISSE, FRANCÈS (1), ont montré que la perception de l'image passait par un système linguistique et conceptuel tributaire d'un contexte socio-culturel ou socio-éthnique. " Une perception, dit FERENCZI (2) en adoptant le vocabulaire des linguistes, est un signifiant perçu qui renvoie à un signifié biologique ou à un signifié cognitif selon les réflexes ou les répertoires induits à partir des indices prélevés ". Si l'éducation reçue est à base de géométrie seulement, le signifiant " cube dessiné " appelle le signifié " cube géométrique " et ses cotes définissent dimensionnellement l'objet. Si la formation est technologique, le signifiant " cube dessiné " appelle le signifié " cale cubique " et ses cotes définissent l'élément fonctionnel.

Si les deux concepts sont présents, ils se subordonnent, se marient ou alternent ; enfin, si aucun concept ne répond à la perception, il ne peut y avoir que réaction de déroute.

De toute façon, le dessin linéaire débouche sur le dessin technique, et inversement, la " lecture " technologique fait appel, à un moment donné, à la géométrie descriptive ou à une activité de substitution portant sur les représentations et vraies grandeurs d'éléments comme des droites, des cercles, des intersections diverses. L'avantage du dessin technique est qu'il utilise les concepts induits de la vie professionnelle ou de la vie courante. Des personnes ayant suivi un enseignement secondaire et ayant une idée assez précise de ce qu'est un cube, un parallélépipède, un cylindre, etc..., auxquelles on montre un dessin technique, ne voient pas, comme on pourrait s'y attendre, des formes géométriques, mais une petite voiture, un bracelet dans son coffret, un tuyau, etc... De même, nos expériences sur la lecture de dessins techniques par des élèves de C.E.T. et des adultes de différentes spécialités en formation technique (3), ont montré l'influence de l'univers professionnel sur le parcours intra et inter vues et sur les hypothèses, quant à la signification des formes dessinées.

---

(1) WALLON (H.) : De l'acte à la pensée, PARIS, FLAMMARION, 1942.
PIAGET (J.) ; FRAISSE (P.) : Traité de psychologie expérimentale, tome VI, La perception, PARIS, P.U.F., 1963.
FRANCÈS (R.) : Le développement perceptif, PARIS, P.U.F., 1962.

(2) FERENCZI (V.) : La perception de l'espace projectif, op. cité, (1966).

(3) COLLECTIF : Expériences sur le dessin technique, in Recherches pédagogiques, I.N.R.D.P., à paraître, 1975.

Le problème de " l'écriture " est le même que celui de la lecture. L'exécution d'un dessin avec sa méthode de projection, ses règles de représentation, ses normalisations, dépend d'un apprentissage. Il est difficile de dire que l'" écriture " d'une forme signifiante technologique est plus difficile que celle d'une forme signifiante géométrique. Tout dépend de l'ordre didactique qui privilégie l'une ou l'autre des approches. La plus primitive ne passant ni par l'une, ni par l'autre des représentations, mais par une représentation topologique que PIAGET situe génétiquement en amont des représentations projectives et référenciées (euclidiennes) (1). Une expérience d'enseignement du dessin technique dans un cours de CM_2 (2) nous a montré que, même chez des enfants de 10-11 ans, les représentations topologiques pouvaient encore entrer en conflit avec la représentation projective apprise ou en cours d'apprentissage.

Les auteurs d'ouvrages de dessin linéaire du XIXe siècle, dont certains s'adressaient à des enfants de 6-7 ans, n'ont certainement pas été insensibles à ces problèmes, mais fidèles à la psychologie des sensations, ils se sont surtout attachés à les résoudre en rendant les enfants perméables à l'expérience et dociles à l'inculcation par des exercices nombreux et progressifs, appuyés sur des manipulations de volumes et des activités de construction et de découpage (carton, bois, pierre tendre et modelage). Pour des raisons doctrinales et économiques et pour " exciter (chez les élèves) une émulation pure et louable " (3), la méthode mutuelle s'est trouvée intimement liée à l'enseignement du dessin linéaire chez plusieurs auteurs de la première moitié du XIXe siècle.

BONIFACE, après avoir étudié le dessin d'art à Paris, était allé suivre les cours de RAMSAUER à l'Institut PESTALOZZI. De retour à Paris, il ouvre une Ecole de dessin au n° 10, rue Touraine-Saint-Germain. Dans son " Cours élémentaire et pratique de dessin linéaire " (4), il présente un certain nombre de principes, communs à plusieurs auteurs de la même lignée.

---

(1) PIAGET (J.), INHELDER (B.) : La représentation de l'espace chez l'enfant, op. cité, (1948).

(2) CHARTIER (J.N.) : Essai d'enseignement du dessin technique en classe CM_2, ALGER, ronéoté, 1974.

(3) PESTALOZZI (J.H.) : Lettre à un ami (1799), citée par BONIFACE (réf. à la suite).

(4) BONIFACE (A.) : Cours élémentaire et pratique de dessin linéaire d'après les principes de PESTALOZZI, PARIS, TERRA, 2e éd., 1823.

L'apprentissage du dessin n'est pas plus difficile que celui de la lecture, il doit commencer dès le plus jeune âge par l'apprentissage de la reconnaissance des couleurs puis celui des figures géométriques simples. Vers six ans, on peut demander à l'enfant de créer des formes en lui donnant à manipuler des volumes en bois et en carton.

Pour le dessin, BONIFACE préconise des exercices progressifs à main levée : lignes isolées sous le rapport de leur longueur, lignes isolées sous le rapport de leur direction, puis les angles et les figures angulaires et curvilignes, etc... Le but est de former le coup d'oeil de l'enfant, les " exercices au tableau " consistent à apprécier des distances, des longueurs, des angles, à reconnaître des formes.

Ayant fait la " théorie des éléments ", on passe à la " théorie des ensembles ", en rassemblant les éléments pour avoir des formes ou volumes complexes (à partir des volumes simples pour les corps géométriques et des nez, yeux, oreilles, pour la figure humaine).

Cette méthode très sensualiste et progressive se développe au cours des années pour arriver au septième degré (vers 14 ans) au dessin d'objets " présentés en forme et en position sur un plan géométral ", pour terminer par le dessin spécial de profession.

Les méthodes pédagogiques applicables à cet enseignement sont au nombre de trois : la méthode simultanée, les élèves travaillent en classe, le maître corrige, c'est la méthode classique ; la méthode individuelle, l'élève travaille seul, les parents ou le précepteur le corrige ; et la méthode mutuelle qui a la faveur de BONIFACE.

FRANCOEUR (1), à peu près à la même date, publie un ouvrage qu'il destine à l'instruction primaire et mutuelle. Il y voit une préparation à la géométrie et la mécanique " qui sont appelées à devenir des sujets universels d'étude ". Les élèves progresseront dans ces disciplines s'ils se sont d'abord exercés au dessin et s'ils connaissent la théorie des projections.

La progression de FRANCOEUR est assez semblable à celle de BONIFACE. Lui aussi préconise de commencer très tôt par des éléments. Son parallèle avec l'écriture, plus poussé que celui de BONIFACE, le conduit à faire commencer le dessin par des bâtons tracés sur l'ardoise à

---

(1) FRANCOEUR (L.B.) : L'enseignement du dessin linéaire d'après une méthode applicable à toutes les écoles primaires (texte et atlas), op. cité, (1827).

main levée puis des associations de bâtons, toujours à main levée. Après les projections, on passe à des dessins d'objets et de petits ensembles techniques, pour lesquels FRANCOEUR donne des explications technologiques assimilables, dans son modèle explicatif, à une syntaxe.

La méthode pédagogique d'enseignement mutuel est décrite en détail à l'intention, probablement, des professeurs utilisateurs. On se souvient que cette méthode était pratiquée à l'Ecole polytechnique dont FRANCOEUR avait été élève vers 1797 et où, depuis, il enseignait l'analyse. N'ayant pas la possibilité d'expérimenter lui-même dans des classes primaires, FRANCOEUR s'assure le concours de deux polytechniciens résidant à Libourne, qui essaient sa méthode dans l'école mutuelle primaire de la ville.

Le " cours méthodique de dessin linéaire " de LAMOTTE (1) s'adresse aux mêmes élèves que les deux cours précédents. Il s'agit toujours d'une préparation à une éventuelle formation professionnelle et au dessin d'art. Tout son cours repose sur l'idée que " la figure la plus compliquée se réduit en dernière analyse à deux éléments : la ligne droite et la ligne courbe ". A partir de quoi, LAMOTTE propose une progression insensible des difficultés. Comme BONIFACE, LAMOTTE conduit de front le dessin linéaire à vue et le dessin linéaire graphique. De temps à autre, il introduit un test de contrôle par questions et réponses à savoir par coeur. L'ouvrage se termine sur des dessins pratiques : portes, fenêtres, parquet, mécanismes, poulies, maison d'habitation. Chaque dessin est accompagné d'un petit texte descriptif et technologique " à lire attentivement ". Les corps géométriques doivent être dessinés, développés sur un carton lisse et découpés.

Le cours est surtout remarquable pour les instructions que donne LAMOTTE aux utilisateurs.

En enseignement simultané, le maître explique au tableau, les élèves copient les figures sur un cahier. Tous les élèves font la même chose en même temps, que LAMOTTE nomme " méthode au banc " ou méthode frontale. Quand les élèves ont terminé leur dessin, ils viennent le présenter au maître à l'estrade.

---

(1) LAMOTTE (M.L.) : Cours méthodique de dessin linéaire (texte et atlas), PARIS, HACHETTE, 1830.

LAMOTTE (M.L.) : Le dessin linéaire des demoiselles, avec application à l'ornement et à la composition, à la broderie, au dessin des schalls, aux fleurs et aux paysages (texte et atlas), PARIS, HACHETTE, 1835.

L'utilisation du cours pour l'enseignement individuel convient aux élèves ou aux travailleurs isolés. Il leur faut le texte et l'atlas, un cahier oblong et des instruments. L'élève va à son rythme et le maître ou les parents assurent un contrôle en se référant aux figures du livre.

La troisième méthode est celle de l'enseignement mutuel. Le maître est assisté par un moniteur général, des moniteurs et des moniteurs suppléants, élus à raison de 20 moniteurs pour 120 élèves (nous verrons que dans certaines classes de dessin ce nombre de 120 était parfois dépassé). Les élèves sont répartis en équipes ou demi-cercles. Chaque demi-cercle est sous la responsabilité d'un moniteur, il dispose d'un tableau et d'ardoises. Les moniteurs détiennent les instruments de dessin, dont la règle de un demi-mètre ou kutsch et le livre, qui sont les signes du pouvoir. Le moniteur général est à l'estrade et lance des commandements oraux codifiés. Les moniteurs reprennent les commandements et les complètent par des signes muets suivant un code. La place des élèves dans le demi-cercle est fonction de leurs réponses dessinées, le classement par mérite est instantané, " on fait tourner le cercle ". Ces consignes méticuleuses sont assez étonnantes mais, comme le dit LAMOTTE, avec 120 élèves, " sans ces précautions, les instruments se brisent promptement et la classe se désorganise ".

La méthode mutuelle apparaît comme étant la méthode la plus souvent préconisée et peut-être la seule possible avec des classes très nombreuses, pendant tout le XIXe siècle, non seulement dans l'enseignement du dessin dans les écoles primaires, mais aussi dans les Ecoles de dessin et les cours des écoles techniques.

Les contenus des cours élémentaires de dessin linéaire ne présentent pas de variations importantes par rapport à ceux que nous venons de citer, les divergences les plus significatives portent sur la nature des éléments. Pour DAIX et PATROIS (1), l'élément, c'est l'angle, base de toutes les études. Il faut suivre la marche de l'écolier qui apprend à lire, disent DAIX et PATROIS, et " l'angle, c'est l'alphabet ". Toute figure, tout volume dessinés sont à considérer dans leur composition angulaire. Cette curieuse théorie se complète d'un aperçu intéressant sur la forme. Les figures angulaires se structurent autour d'une forme, sorte de schéma ou silhouette, qu'on pourrait rapprocher d'une " gestalt " expressive servant de " charpente " au dessin.

---

(1) DAIX (A.), PATROIS (C.) : Nouvelle méthode de dessin et de perspective pratique, PARIS, Biblio. des Sciences, 1842.

HENRY (1), dans un ouvrage " adapté à tous les modes d'enseignement et à tous les niveaux ", commence par le dessin linéaire à vue des éléments analytiques (points, lignes, angles, surfaces), puis il passe au dessin linéaire graphique (aux instruments). HENRY ne préconise pas le recours à la manipulation de volumes ; bien au contraire, une grande partie de ses modèles graphiés sont des constructions à plat. L'élève doit copier strictement le modèle d'après le livre ou d'après une figure faite au tableau. Cependant, dans la seconde partie de l'ouvrage, consacrée au dessin d'objets simples (à recopier), HENRY prend soin de faire une courte description de l'objet, à mi-chemin entre la leçon de choses et la notice technologique.

Le cours élémentaire de dessin d'ÉTEX (2), qui connut un certain succès, s'ouvre sur cet épigraphe " Dessiner c'est écrire dans toutes les langues, c'est écrire pour tous les yeux. Dessiner, c'est à la fois peindre et sculpter. Apprendre à dessiner par la géométrie, c'est apprendre à rectifier le jugement par les yeux, c'est apprendre à voir juste ". ÉTEX, qui était artiste-peintre et statuaire, fournit des planches à copier, assez agréables quand il s'agit de dessin d'art et d'architecture, mais d'une désolante médiocrité pour les arts mécaniques.

Les frères DUPUIS s'adressent indiscutablement aux élèves des cours professionnels, nous les retrouverons dans le chapitre consacré aux écoles, mais l'originalité de leurs conceptions pédagogiques n'a pas été sans avoir une certaine influence sur l'enseignement du dessin linéaire dans les écoles primaires. Tous les deux se montrent partisans du modèle en volume exclusivement. Ferdinand DUPUIS part de modèles en fil de fer et en bois, présentés sur un support : le polyskématiste, " instrument qui permet de voir qu'un cercle devient une ellipse ; un carré, un trapèze, selon que les objets sont présentés plus ou moins perspectivement. De même une ligne droite, vue sous ses différentes inclinaisons, se raccourcit par degré et se réduit en apparence à la valeur d'un point ". DUPUIS est ici sensible à une variable psychologique qui n'apparaissait pas dans la réflexion pédagogique de ses prédécesseurs. Son objectif est aussi " d'apprendre à voir " mais, au lieu de supposer qu'il suffit de regarder et de s'appliquer à reproduire pour réussir, il admet qu'il peut y avoir, chez des élèves débutants, une géométrie spontanée des formes, coextensive aux formes elles-mêmes, et que

---

(1) HENRY (J.B.) : Cours élémentaire de dessin linéaire adapté à tous les modes d'enseignement, PARIS, PERSON, 1844.

(2) ÉTEX (A.) : Cours élémentaire de dessin (texte et atlas), PARIS, SANDRE, 3e éd., 1863.

la géométrie projective ne peut se mettre en place qu'en entrant en conflit avec la géométrie des formes, qui est plus naturelle que la précédente. Pour les DUPUIS (1), il y a trois façons de résoudre ce conflit : autoritairement par l'apprentissage, mathématiquement par la géométrie descriptive et sensuellement par l'observation des formes réelles et de leurs projections. F. DUPUIS retient la dernière proposition, car il faut " d'abord s'habituer à la perspective (et aux projections) de sentiment pour réduire ces habitudes, ces sentiments, en théorie, en science ". Le polyskématisme de F. DUPUIS (2) s'appuie sur une série de quatre-vingt-dix modèles gradués, répartis en cinq séries : figures simples de la géométrie, figures rectilignes fermées, figures combinées démontables, solides géométriques, objets divers. Il devrait, de l'avis de l'inventeur, améliorer l'étude du dessin linéaire dans les écoles disposant d'un peu de temps et de crédit et servir à la formation des instituteurs. Pour prouver la suprématie de sa méthode, F. DUPUIS s'était soumis, en 1839-1840, à une expérimentation pédagogique comparative avec 45 enfants de 11 à 15 ans. Le rapport de la commission désignée, signé LEBRUN, s'il est favorable en ce qui concerne l'apect pédagogique, exprime des réserves quant à la possibilité pour les écoles primaires de se procurer le matériel en quantité suffisante.

Alexandre DUPUIS avait, lui aussi, sa méthode qu'il fait cautionner, en 1834, par une commission de membres de l'Institut et que le Ministre GUIZOT, dans une circulaire aux Recteurs, recommande vivement. Comme son frère, il s'adresse plus aux apprentis qu'aux adultes professionnels. A. DUPUIS est opposé aux modèles dessinés. D'après lui, ceux qui vendent leurs gravures sont ni plus, ni moins que des escrocs qui cherchent à augmenter leurs revenus, sans souci d'enseignement véritable. Il propose donc des modèles en relief qui ont la particularité de constituer des séries graduées. Le premier modèle pourrait être apparenté à ce que les DUPUIS et GUIZOT appellent la " charpente " du dessin. C'est une forme évolutive : de modèle en modèle, la forme se précise, jusqu'au modèle final. Ainsi, les éléments (la ligne restant, pour A. DUPUIS, " le rudiment, l'alphabet élémentaire de la science graphique ") ne sont pas introduits progressivement, mais surgissent de la forme même.

Les méthodes des Frères DUPUIS, surtout celle de Ferdinand, connurent un succès considérable en Allemagne, où elles furent décrites

---

(1) Ce passage est une extrapolation à partir d'une synthèse de la pensée des frères DUPUIS.

(2) DUPUIS (F.) : Exposé sommaire du polyskématisme ou méthode concernant le dessin linéaire géométrique usuel, PARIS, chez l'auteur, 1851.

et commentées par HERBOLD et EICHENS et mises en pratique dans plusieurs régions et à différents niveaux (1).

La question des modèles en volume, si elle se pose avec acuité dans l'enseignement du dessin professionnel, est aussi posée dans l'enseignement primaire, chacun se rendant compte que le modèle dessiné (on disait graphié) est un pis aller. Nous avons vu que certains auteurs recommandaient de faire faire des volumes en carton fort, d'autres, de tailler du bois, de la pierre tendre, de modeler de la glaise, etc... Il se fait même un petit commerce de modèles. DUPUIS offre ses modèles " aux Collèges royaux et communaux, aux écoles primaires communales, aux chefs d'institutions et aux pères de famille ". DUPASQUIER, à peu près à la même date, commercialise les modèles en fil de fer qu'il utilise dans ses cours de la Martinière à Lyon. Le Conservatoire des arts et métiers détient plusieurs collections en carton, plâtre et bois. " Les polyèdres pour faciliter l'étude de la géométrie et du dessin " de L. DUPIN (2), exposés au C.N.M.A., sont en papier fort.

En 1867, LE BEALLE, professeur de travaux graphiques et auteur d'ouvrages (3), est chargé de faire des modèles en relief et des conférences sur leur utilisation aux instituteurs. REIBER (4) constate, en 1878, que le travail est immense. Il y a 40 000 écoles primaires à doter de collections de modèles et presque autant d'instituteurs à former. Il pense que sa méthode pourrait pallier ces retards, car elle est " rigoureusement scientifique ". L'essentiel de son argumentation est le suivant : " Le dessin est devenu une langue universelle, parlant à tous les yeux, intelligible pour tous et à laquelle on demande maintenant des résultats utiles.... or, l'enseignement de toutes les langues comporte un alphabet, une grammaire, des règles, une syntaxe, etc... " REIBER commence donc par dénombrer les signes de l'alphabet graphique et par les classer : il y a 44 signes qui permettent d'engendrer des formes par des lois rigoureuses. Ces lois sont les lois de la génération des formes par " l'artifice rationnel du mouvement des lignes et figures " et les lois de combinaison des formes par référence à des " diagrammes ou tracés graphiques de l'ossature de la construction primordiale ". Ce cheminement peut être repris à l'envers en analysant et décom-

---

(1) LIPSMEIER (A.) : Technik und Schule..., op. cité, (1971), pp. 185-191.

(2) DUPIN (L.) : Collection de modèles pour la géométrie stéréotomique, Coll. C.N.A.M. n° 5365, datée de 1849.

(3) LE BEALLE (A.) : Enseignement normal du dessin linéaire, 3 séries : dessin à main levée, tracés géométriques, dessins d'application à l'architecture et aux arts industriels, PARIS, DELALAIN, 1869.

(4) REIBER (E.) : L'enseignement primaire du dessin, PARIS, chez l'auteur, 1878.

posant. A cet effet, REIBER classe les objets de la nature et ceux fabriqués par l'homme par formes parentes. Nous avons vu, dans la première partie (1), que les classifications fonctionnelles et les classifications rationnelles par solutions de principe d'un même problème (2) étaient très pratiquées dans la deuxième moitié du XIXe siècle. REIBER, en ne retenant que la caractéristique de forme, arrive à une classification d'un rationnel qu'on peut qualifier de surréaliste. Par exemple, dans les formes cylindriques : un tuyau de poêle, la colonne Vendôme, un bâton de maréchal et une chaudière de machine à vapeur, sont autant de formes primaires qui peuvent être engendrées par un segment de droite se déplaçant parallèlement à lui-même, perpendiculairement au plan d'un cercle directeur. Segment et cercle étant les signes graphiques primaires et la perpendicularité à un plan, l'ossature primordiale. Telle est du moins l'interprétation que l'on peut donner d'une méthode qui trouve un accueil favorable dans le rapport d'OTTIN sur l'enseignement du dessin à l'Exposition universelle de Paris, en 1878 (3). Celui-ci oppose les manuels de dessin industriel aux cours de dessin linéaire et aux méthodes graphiques comme celles de DUPASQUIER ou REIBER et conclut : " il n'y a qu'un dessin, l'écriture universelle de l'apparence, de la forme, tout aussi bien de la mécanique que de l'architecture, que de l'expression de la physionomie ".

D'HENRIET (4) abonde dans ce sens en ramenant tout à du géométrique. " Le dessin est l'écriture de la forme ; cette écriture se compose de lignes droites et courbes diversement combinées. Il faut apprendre à lire ces lignes, c'est-à-dire à connaître leur nature et les formes qui résultent de leurs combinaisons, puis les écrire, on peut donc dire que le dessin est l'art de lire et d'écrire correctement les formes de l'objet ".

Avant la réaction qui orientera le dessin à l'école primaire vers le dessin libre et créatif, quelques voix s'étaient élevées pour demander que, tout en sauvegardant le dessin géométrique, on ne fasse plus dessiner " des lignes, des courbes, des surfaces, mais des choses qui ont un sens " (GUÉ) (5).

---

(1) Cf première partie, pages 60 et 97.

(2) BARDIN (G.) : Cours de dessin industriel..., op. cité, (1864).

(3) OTTIN (A.) : Rapport sur l'enseignement du dessin à l'Exposition universelle de 1878, op. cité, (1879).

(4) D'HENRIET (L.) : Cours de dessin des Ecoles primaires, enseignement gradué, PARIS, HACHETTE, 3 cahiers, 1880.

(5) GUÉ (C.) : De l'enseignement du dessin, discours de réception, BORDEAUX, Imp. de l'Académie, Brochure B.N. vp. 11050, 1867.

CERNESSON (1), dans un ouvrage destiné aux Ecoles primaires et particulièrement à celles qui n'ont pas de maîtres préparés à cet enseignement, distingue les objets naturels, passibles du dessin artistique et les objets inventés et faits par l'homme, passibles du dessin industriel. Il précise, dans une définition remarquable, ce qu'il entend par dessin industriel. " On appelle dessin industriel, le dessin appliqué à la reproduction d'objets fabriqués où l'on s'astreint strictement au but à remplir, sans chercher à leur donner une forme différente de celle qui résulte de l'accomplissement du besoin à satisfaire et de l'emploi des matériaux mis en oeuvre pour la fabrication. Ces objets présentent généralement des formes géométriques, simples ou composées. Exemple : une meule, une poulie à gorge, une roue dentée, etc...

En se bornant à l'étude des formes inventées par l'homme, on reconnaît qu'elles sont géométriquement définies ou qu'elles obéissent à des lois géométriques déterminées. Le piston d'une machine à vapeur, pris dans sa forme simple, se compose d'une tige et d'un cylindre, deux choses dont les éléments sont définis géométriquement ". La dualité entre dessin géométrique et dessin industriel que tente de résoudre CERNESSON existe-t-elle encore quand le dessin est considéré comme porteur des renseignements nécessaires et suffisants à l'exécution d'une tâche ? Il s'agit d'un problème pédagogique que nous allons retrouver en examinant quelques aspects de l'enseignement du dessin technique de 1800 à nos jours.

3 - OBJECTIFS ET CONTENUS DES COURS DE DESSIN TECHNIQUE DE 1800 A NOS JOURS

A - Première période (1800-1850)

Dans la première partie de cette étude nous avons rassemblé, sous le titre de " graphique technique ", tous les documents qui, entre l'idée et la réalisation, servent, à un moment ou à un autre, à présenter des renseignements à un utilisateur. Nous avons aussi souligné que la prise de renseignements se faisait toujours en fonction d'une action à accomplir et nécessitait, quand il s'agissait d'une action technique comme fabriquer, monter, démonter, réparer, entretenir, contrôler, la présence d'un arrière-fond de connaissances technologiques (concepts et vocabulaire) en cohérence avec le thème de l'action.

---

(1) CERNESSON (L.) : Grammaire élémentaire du dessin (1ère partie, dessin linéaire), PARIS, DUCHER, nouv. éd., 1881.

L'émetteur, qui réalise le document, doit avoir, de même, une connaissance des règles de représentation et du code et la capacité d'adapter le mode de présentation graphique aux renseignements à transmettre et à l'utilisateur supposé ; mais le plus important est encore de donner des renseignements justifiés. La planche signée ARMENGAUD reproduite (figure 53) porte les renseignements nécessaires, sinon suffisants, à un utilisateur pour lequel les renseignements donnés sur les formes, les solutions technologiques et les dimensions sont sensés être évidents. Ils ont nécessité, de la part de l'émetteur, une recherche qui ressortit à la résistance des matériaux, la mécanique appliquée, l'expérimentation et le dimensionnement raisonné qui en découle, bref, faire ce que l'on peut appeler de la construction. Il lui a fallu, de plus, dessiner correctement les formes et les intersections, comme celles des chapes, en utilisant les ressources de la géométrie descriptive ou de constructions de substitution, couper, hachurer, ombrer, laver, etc...

Pour exprimer autrement le travail de l'émetteur, on peut dire qu'il crée ou exploite, à des fins particulières, des modèles (1) matériels comme les maquettes et prototypes ; des modèles dialectiques tels les descriptions objectives en langage naturel ou codé ; des modèles physico-mathématiques intégrant les principales grandeurs déterminant l'état, la forme, les dimensions d'un élément d'un ensemble ou d'un ensemble dans un système ; des modèles figuratifs renseignant sur les formes, les agencements, les dispositions constructives, les relations, auxquelles s'ajoutent les renseignements écrits, codés et chiffrés pour définir, réaliser, expliquer ; des modèles graphiques schématiques à différents niveaux d'abstraction comme des croquis, schémas, épures, diagrammes, organigrammes, logigrammes, etc... Modèles à partir desquels l'utilisateur développera une action technique en ajoutant plus ou moins de technologie.

Les objectifs d'une formation totale pourraient être de préparer le formé à émettre et utiliser des documents de toute nature en jouant de toute la gamme des modes graphiques, dans toutes les technologies, en passant, sans ordre didactique, par le tracé des figures planes aux instruments, la géométrie descriptive, les différents modes de représentation, les règles de représentation, les codes symboliques, la cotation, la copie, la restitution, la traduction, la complémentation, la modification de modèles et la création de modèles originaux ; et, bien sûr, l'utilisation des renseignements à des fins déterminées.

---

(1) Cette question sera reprise dans la troisième partie.

Autant qu'on puisse en juger, les cours de dessin du XIXe siècle s'adressent plus aux utilisateurs qu'aux émetteurs-constructeurs. Suivant le type d'utilisateur, le domaine d'utilisation et le système de production, le mode de présentation et les capacités exigées peuvent varier à l'infini. Bien que les cours de dessin soient rarement spécifiés à cette époque, on vise d'abord le professionnel moyen des industries mécaniques. Les capacités de base objectivement nécessaires, se restreignent alors à la capacité de reconstituer mentalement un volume à partir de vues ou de projections et d'attribuer à chaque forme ses dimensions, à connaître la signification des signes codés et des artifices de présentation. L'objectif général de l'enseignement du dessin devrait donc être l'utilisation d'un dessin industriel (modèle graphique figuratif) à des fins professionnelles. On peut voir dans cet objectif l'origine du titre " cours de dessin industriel ", souvent employé à cette époque. Pour atteindre cet objectif, certains auteurs s'en remettent à la copie systématique de modèles. D'autres, plus nombreux, commencent par un rappel des constructions au compas, puis passent à la représentation des corps par la descriptive et, dans une troisième partie, proposent des modèles à copier pris dans différents domaines technologiques. Il pourrait sembler qu'il y ait là une inconséquence pédagogique : voulant former des utilisateurs qui ont à " lire " un dessin, pourquoi tout fonder sur " l'écriture " ?

Trois raisons peuvent être avancées :

- Bien que l'on sache que l'organisation industrielle ne laisse à l'ouvrier qu'un faible pouvoir d'initiative dans l'accomplissement de sa tâche, on veut lui donner une possibilité de s'exprimer (en tant que professionnel).
- On postule que " qui sait lire, sait écrire ".
- On pense que la familiarité avec de bons modèles est une source de connaissances technologiques.

Nous avons vu qu'au fil du temps, l'ouvrier avait été dépossédé de son pouvoir créateur et avait dû se plier à une organisation industrielle qui faisait de lui un exécutant. La phrase souvent citée " le dessin est un ordre " exprime bien le régime de contrainte qui s'instaure avec la division du travail et la production en série.

HENRICHS (1819), cité par BONIFACE (1), pense encore que le dessin donne ses chances à l'artisan. " Quant à l'artisan, il est cer-

---

(1) BONIFACE (A.) : Cours élémentaire et pratique de dessin..., op. cité, (1823).

tain que pour lui la connaissance du dessin est un avantage incalculable. On dirait que le crayon lui est aussi nécessaire que la plume l'est à l'écrivain. Quelques grands que soient les progrès que les arts et les métiers ont faits de nos jours, peut-être seraient-ils perfectionnés encore davantage si tous ceux qui les exercent avaient appris à tracer leurs idées sur le papier, afin de les rectifier avant de les exécuter ".

On trouve le même point de vue chez L.C. et F.P.-B. (1820 environ) (1), mais cette fois-ci à propos de l'ouvrier. " S'il est nécessaire qu'un ouvrier puisse dessiner promptement les différentes projections des meubles et autres objets qu'il doit entreprendre, afin de faire connaître à celui qui veut l'employer qu'il a bien saisi sa pensée, il ne l'est pas moins qu'il puisse les représenter d'après des principes invariables, pour en coter les dimensions et pouvoir les exécuter avec goût et sécurité ; ce qu'il ne pourrait faire s'il n'avait aucune idée de géométrie, de l'usage des instruments, de l'échelle de proportion, etc... "

TUDOT, en 1842 (2), est nettement moins exigeant : " parmi les différentes classes de la société il en est une, celle attachée aux travaux des arts de l'industrie, pour laquelle le dessin est non seulement utile, mais on peut dire indispensable. Les artisans ont tous besoin de connaître ce langage graphique qui leur donne, de la manière la plus simple et la plus claire, la possibilité de comprendre et de communiquer les idées relatives aux formes des corps. Certainement, nous ne demandons pas qu'un ouvrier soit assez habile pour s'exprimer dans ce langage, mais il nous paraît indispensable qu'au moins il puisse le lire et le copier au besoin, afin que celui qui a dessiné un projet ne soit point exposé à n'être pas compris, s'il veut le faire exécuter ".

La deuxième moitié du XIXe siècle est marquée par la montée du machinisme industriel. Déjà en 1857, HERMANT (3) remarque qu'avec l'envahissement du machinisme " les produits de l'industrie font beaucoup de manoeuvres ". FOUCHÉ, en 1863 (4), fait la même constatation :

---

(1) L.C. et F.P.-B. : Abrégé de géométrie pratique appliquée au dessin linéaire, au toisé et au lever des plans, suivi des principes de l'architecture et de la perspective, PARIS, MORONVAL, 12e éd., 1840.

(2) TUDOT (E.) : Eléments de dessin industriel formant un cours de dessin linéaire et de tracé géométrique (texte et atlas), PARIS, CARILIAN-COEURY, 2e éd., 1842.

(3) HERMANT (A.) : De l'influence des arts et du dessin sur l'industrie, PARIS, chez l'auteur, 1857.

(4) FOUCHÉ (J.) : De l'enseignement oral du dessin industriel, PARIS, LACROIX, 1863.

" L'automatie de l'outillage tend de plus en plus à remplacer la main. Le potentiel créatif des ouvriers n'est plus utilisé. On voudrait qu'ils sachent au moins lire l'écriture industrielle qu'est le dessin, mais ils n'ont appris qu'à copier des modèles ineptes ", dit FOUCHÉ.

MORIN et TRESCA (1862) (1) constatent la même chose quant à la dichotomie introduite par l'industrie entre l'enseignement industriel et l'enseignement professionnel. Il y a " une grande différence à établir entre théorie et pratique, entre l'ingénieur et le praticien. Celui-ci pourra se contenter d'une entente générale de la représentation des objets principaux, placé dans des conditions simples, il pourra dessiner pour ainsi dire de sentiment ; celui-là, au contraire, doit, dans l'étude de ses projets, servir du dessin comme moyen de lire dans l'espace et de comprendre des dispositions de lignes et de surfaces, avant qu'elles aient été réalisées ". Dès lors, au premier degré de l'enseignement professionnel, on pourra se limiter à développer " un talent d'imitation par la pratique ". Les auteurs d'ouvrages de cette époque hésitent encore à opter pour l'un ou l'autre des degrés.

BARDIN (2) destine son ouvrage " aux élèves des classes de dessin industriel d'apprentis et d'adultes, aux élèves des écoles professionnelles et aux élèves qui se destinent aux Ecoles spéciales ", c'est-à-dire à tous ceux qui ont affaire avec le dessin. Le domaine de son cours comporte trois parties bien distinctes : la géométrie graphique, l'étude géométrique des solides par la descriptive, la construction de machines. Cette division se retrouve constamment dans les cours destinés aux élèves des écoles à plein temps et aux constructeurs, jusqu'aux environs de 1920. A titre d'exemple, on peut citer les cours d'ARMENGAUD (1840), de DELAISTRE (1855), de PERSIN (1858), d'ORTHOLAN et MESTA (1865), de BARQUI et VAN DOREN (1874), de MARTIN (1889), de AVAURIEU et BEAUVAIS (1905), de LABBÉ et BEAUVAIS (1912) (3).

Certains auteurs spécifient avec plus de précision les élèves auxquels ils s'adressent, mais ils gardent la même structure didactique, probablement pour satisfaire la clientèle hétérogène des apprentis des cours à temps partiel. Tels sont les ouvrages de BERTON (4) et

---

(1) MORIN (A.), TRESCA : De l'organisation de l'enseignement..., op. cité, (1862).
(2) BARDIN (G.) : Cours de dessin industriel..., op. cité, (1862-1864).
(3) Ces auteurs seront cités par la suite ou en bibliographie.
(4) BERTON (N.) : Eléments de dessin..., op. cité, (1827).

BERGERY (1), pour " les artistes et ouvriers " de TUDOT (2), BOUTEREAU (3) et THENOT (4) pour " les élèves industriels des écoles communales de dessin ", d'ARMENGAUD jeune (5) pour " l'ouvrier mécanicien " ; et, " dans le but de familiariser les élèves et les ouvriers intelligents et laborieux avec les éléments fondamentaux de la forme exacte et de la construction raisonnée des objets ", de HUGEL (6) pour les mécaniciens, serruriers, charpentiers, etc... Ce qui conduit HUGEL, dans ses planches à copier, à donner un assortiment de dessins de la mécanique (crapaudines, robinets), du bâtiment (constructions), de la menuiserie (assemblages, escaliers), de charpente, de serrurerie et de couverture.

Ainsi, alors qu'il était évident que l'évolution de l'industrie rendait de moins en moins nécessaire que l'ouvrier sache s'exprimer par un dessin et qu'une adaptation stricte des objectifs de la formation aurait dû faire se centrer l'enseignement sur la seule " lecture ", pour des raisons pédagogiques,mais aussi par une résistance à ce qui pouvait être considéré comme une entorse à la mission de l'enseignement, même si cela devait se traduire par une distorsion apparente par rapport aux besoins professionnels, il a toujours été admis que les deux attitudes : celle d'utilisateur et celle d'émetteur, devaient être cultivées l'une et l'autre dans un ordre didactique qui reste encore en discussion, mais qui ne remet pas en cause la nécessité d'un apprentissage de l " écriture " et de la " lecture ".

THOMSON (7), examinant expérimentalement le problème à propos de la formation rapide d'étudiants, a montré les avantages obtenus par une progression de lecture de dessin d'un niveau de difficulté nettement plus élevé que les travaux d'écriture proposés. LEPLAT et PETIT (8), étudiant la relation entre le dessin et les exercices pratiques, ont été amenés à se poser un certain nombre de questions sur l'utilité

---

(1) BERGERY (G.L.) : Géométrie appliquée..., op. cité, (1828).

(2) TUDOT (E.) : Eléments de dessin industriel..., op. cité, (1842).

(3) BOUTEREAU (Ch.) : Nouveau manuel complet du dessinateur ou traité théorique et pratique de l'art du dessin, PARIS, RORET, 2 tomes, 1842.

(4) THENOT (J.P.) : Dessin linéaire à la règle et au compas appliqué à l'industrie, PARIS, PERSON, 1851.

(5) ARMENGAUD (Jeune) : L'ouvrier mécanicien, PARIS, ARMENGAUD, (1850 ?).

(6) HUGEL (L.) : L'école industrielle (dessin appliqué), PARIS, DUCHER, 2 tomes, 1884.

(7) THOMSON (R.) : Reading Exercice in Engineering Drawing, LONDON, T. NELSON, 1967. Une nouvelle approche de l'enseignement du dessin industriel, Technique, Art, Science, 1970, n° 241-242, pp. 28-30.

(8) LEPLAT (J.), PETIT (R.) : Relations entre le dessin et les exercices..., op. cité, (1965), pp. 117 à 124.

de l'écriture quand elle n'est qu'une reproduction ou une traduction géométrale de vues perspectives. FASSINA et PETIT (1), dans une série de travaux faisant suite à ceux de THOMSON et LEPLAT, ont étudié et mis au point une progression d'exercices de lecture de dessin pour des stagiaires de l'A.F.P.A. Aucun de ces auteurs n'arrive à une conclusion qui conduise à mettre en doute l'apport de l'écriture, quand elle est pratiquée comme un entraînement progressif à la construction de modèles suivant un ordre didactique qui se retrouve presque immuablement dans les ouvrages de dessin et que nous avons rappelé plus haut ; à savoir : la copie de modèles, la restitution de mémoire, la traduction, l'interprétation, la complémentation, la modification et la construction ou résolution de problème.

Malgré les critiques dont elle a été l'objet pendant le XIXe siècle de la part de de MONTABERT, de REY ou de POMPEE, la copie de modèles mécaniques a connu un grand succès, d'une part parce qu'elle était dans le prolongement de la tradition académique, et d'autre part parce qu'elle permettait, du moins au début, une approche inductive des lois de la construction, parallèlement au développement de la mécanique pratique, comme nous l'avons montré dans la première partie de cette étude (2). C'est cette voie que proposent les grands auteurs du XIXe siècle comme LEBLANC, ARMENGAUD, BARDIN et PILLET ; c'est celle que défendent MORIN et TRESCA (3) en l'opposant à la déduction : " Au lieu de déductions rigoureuses, destinées à rendre l'esprit de plus en plus exigeant, (l'enseignement industriel) doit surtout s'appliquer à développer le sens pratique, en lui fournissant des moyens d'investigation plus rationnels et plus scientifiques ; au lieu d'arriver lentement à la connaissance de quelques faits par la théorie, il ouvrira plus rapidement le champ des appréciations théoriques en se servant des faits eux-mêmes pour faire comprendre toute l'étendue que peuvent embrasser ces appréciations ".

LEBLANC avec son " choix de modèles appliqués à l'enseignement du dessin de machines " (4), ARMENGAUD dans ses différents cours de dessin linéaire appliqué au dessin de machines, ROBINET dans son cours

---

(1) FASSINA (A.), PETIT (A.) : Premier essai d'un entraînement à la lecture du dessin industriel, Publication A.F.P.A., (C.D.I.R. 02), 1968.

(2) Cf. Première partie, pp. 92-99.

(3) MORIN (A.), TRESCA : De l'organisation..., op. cité, (1862), p. 26.

(4) LEBLANC (V.) : Choix de modèles appliqués..., op. cité, (1830).

de lavis (1), LOCARD, qui présente 622 modèles " tous cotés avec soin " (2), et BÉCOURT et PILLET dont les 56 cahiers pour les dessinateurs constituent une collection unique de mécanismes de toute sorte (3), Fig.185 doivent être considérés comme les illustrateurs d'un musée technique auquel de nombreux auteurs comme LE BEALLE, ARMENGAUD, BÉCOURT et PILLET, adjoignent le renfort de modèles d'organes de machines en métal, en bois ou en plâtre pour la manipulation et les mesures.

Tout ceci ne constitue pas une exposition désordonnée. Comme le précise LEBLANC dans sa préface : " Les formes des pièces réunies dans cet ouvrage n'ont jamais été prises arbitrairement : il est à propos d'en faire la remarque, afin que les élèves s'accoutument à cette idée que les formes sont toujours nécessitées et pour ainsi dire commandées, soit par la fonction que telle ou telle pièce doit remplir dans une machine, soit par la matière qui doit entrer dans la construction de cette même pièce ". ARMENGAUD rejoint MORIN et TRESCA quand il déclare (4) que " pour appliquer (les) théories avec sûreté, il faut posséder une expérience qui ne s'acquiert que lentement si l'on doit la tirer de son propre fonds, mais la tâche peut être singulièrement facilitée si l'on a sous les yeux de bons exemples fournis par ceux-là mêmes qui ont eu, les premiers, à appliquer les données théoriques ". L.C. et F. B.-P. (5) pensent, quant à eux, que la familiarité avec de bons modèles est la source d'idées nouvelles.

La collection de modèles, jouant le double rôle de source d'information technique et de point de départ ou d'appui pour une induction amplifiante, est encore très utilisée dans les pays anglo-saxons sous la forme de catalogues de solutions (6). On pense que si l'étudiant " est confronté avec un grand nombre de solutions, (il) ne peut faire autrement que d'absorber une grande partie de ce qu'il voit, et les cours théoriques peuvent être réduits " (THOMSON, 1967).

---

(1) ROBINET (Aîné) : Cours de lavis appliqué à l'enseignement du dessin d'architecture et des machines..., op. cité, (1841).

(2) LOCARD (E.) : Cours de dessin linéaire appliqué aux arts et à l'industrie (texte et atlas), PARIS, DUNOD, 2e éd., 1880.

(3) BÉCOURT (L.), PILLET (J.J.) : Le dessin technique..., op. cité, (1893).

(4) ARMENGAUD (Aîné) : Le Vignole des mécanismes, étude sur la construction des machines (texte et atlas), PARIS, MOREL, 1ère éd., 1865.

(5) L.C. et F. P.-B. : Abrégé de géométrie pratique..., op. cité, (1840).

(6) HERKIMER (H.) : Engineer Illustrated Thesaurus, N.Y., Mac GRAW HILL, (s.d.).

B - Seconde période (1850-1970)

Dès 1848, ARMENGAUD développe une autre approche. " Pour parvenir à exécuter une machine à vapeur, par exemple, sans avoir recours à aucun modèle, il est indispensable, après avoir calculé les dimensions des principaux agents, de les combiner entre eux de telle sorte qu'ils occupent des positions relatives, propres à remplir parfaitement les conditions voulues, puis de tracer toutes les pièces " (1). Fig.184
BARDIN (2), en ne consacrant plus la troisième partie de son ouvrage de dessin aux modèles de machines, mais en développant un cours de construction de machines s'appuyant sur la résistance des matériaux, l'équilibre des machines, les lois des mouvements et les éléments de construction, va dans ce sens, mais il manque à BARDIN, pour répondre à la définition que donne ARMENGAUD du " dessin de machines sans modèles ", une étude des combinaisons ou agencements d'organes.

MORIN et TRESCA (3), examinant cet aspect de la construction, pensent que l'enseignement du dessin " pourrait se limiter à deux cours distincts : celui du dessin géométrique et celui de la technologie générale ". Le dessin géométrique inclurait les recherches de formes par l'usage de tableaux de valeurs successives de représentations graphiques ou de formules analytiques donnant le résultat le moins problématique. La technologie générale " ferait ressortir, à propos de chaque objet, les principes de géométrie, de mécanique, de physique et de chimie " qui ont quelque rapport avec lui. FOUCHÉ (4) et POMPÉE (5) font la même distinction sans qu'émerge nettement ce qui est pressenti (6) :

---

(1) ARMENGAUD (Aîné), ARMENGAUD (Jeune), AMOUROUX : Nouveau cours raisonné de dessin industriel appliqué principalement à la mécanique et à l'architecture (texte et atlas), PARIS, MATHIAS-ARMENGAUD, 1848-1849.

(2) BARDIN (G.) : Cours de dessin industriel..., op. cité, (1862-1864).

(3) MORIN (A.), TRESCA : De l'organisation..., op. cité, (1862), p. 26.

(4) FOUCHÉ (J.) : De l'enseignement oral..., op. cité, (1863).

(5) POMPÉE (Ph.) : Etude sur l'éducation professionnelle..., op. cité, (1863).

(6) Les mêmes préoccupations prévalent à l'étranger : " L'enseignement de principes du dessin industriel doit tenir compte, en premier lieu, de l'usage auquel un objet est destiné ; en second lieu, des matériaux qui doivent servir à sa confection, et enfin du mode de fabrication qui sera adopté. Chacun de ces trois points mérite une attention particulière. Chaque destination spéciale a ses exigences propres ; un plan bien adapté à un genre de matériaux ne conviendra pas à des matériaux d'un genre différent ; ce qui peut être obtenu par un mode de fabrication, peut ne pas l'être par un autre mode ".

STETSON (Ch.) : Rapport officiel du Jury de l'Exposition de Philadelphie (1876), cité par BUISSON, dictionnaire, art.: dessin, p. 696, (1882).

l'existence d'une logique d'agencement des fonctions qui gouvernerait la technologie des rapports entre éléments définis mécaniquement. Nous avons vu précédemment (1) que l'étude des machines en tant qu'êtres techniques avait suscité d'intéressants travaux, mais la transposition au niveau du dessin n'a apparemment pas été immédiate, bien qu'ARMENGAUD, dans une nouvelle définition du dessin (2), plus serrée que la précédente, ait à nouveau souligné toute la portée du dessin industriel. " Le dessin... est le plus intelligent intermédiaire entre la pensée et l'exécution. Cet art, bien compris et considéré au point de vue industriel, ne se borne pas, en effet, à dresser correctement avec des lignes tracées à l'aide des équerres et du compas, les contours des objets existants ; mais ayant pour but la représentation exacte, complète et raisonnée des outils, machines et appareils divers à l'état idéal ou d'exécution, il embrasse l'agencement et la combinaison des organes entre eux, ainsi que leur disposition intérieure et le jeu de toutes les parties actives " ; et qu'il ait, en 1886, introduit la notion de fonction (3), il y a toujours une assimilation de la fonction à l'organe où la partie et les règles d'agencement sont issues de la technologie.

Enfin, en 1893, GIN, dans une étude intitulée " esquisse d'une méthode d'enseignement professionnelle " (4), laisse entendre que les règles d'agencement propres aux fonctions pourraient être apparentées à une syntaxe (ou science des combinaisons logiques). Cette syntaxe " permet seule d'arriver à la composition exacte du dessin de construction de machines ". C'est à cette deuxième tendance, où " chaque objet se définit par son but et sa structure " (5), que se rattache J.J. PILLET qui, en 1905, dans une brève mais riche " note sur le dessin de machines " (6), développe la théorie suivante. " Une machine est un assemblage d'organes à qui l'on fournit du travail sous une certaine forme (travail moteur) et qui rend du travail sous une autre forme (travail utile) ". Le mouvement à transmettre détermine les différents organes, mobiles ou fixes, les organes fixes sont obtenus en gênant d'une manière voulue

---

(1) Cf. supra, première partie, page 54

(2) ARMENGAUD (Aîné), ARMENGAUD (Jeune), AMOUROUX : Cours élémentaire de dessin industriel à l'usage des Ecoles primaires, PARIS, MATHIAS-ARMENGAUD, 1850.

(3) ARMENGAUD (Aîné) : Cours élémentaire de dessin industriel, PARIS, BERNARD, 18[illegible].

(4) GIN (G.) : Esquisse d'une méthode..., op. cité, (1893).

(5) GEMINARD (L.) : Logique et technologie, PARIS, DUNOD, 1970, p. 32.

(6) PILLET (J.J.) : Note sur le dessin de machines, PARIS, Lib. des arts du dessin, 1903.

les déplacements des organes mobiles, par ce que l'on nomme des systèmes de liaisons. Les efforts permettent d'arrêter les dimensions en obéissant aux lois de la résistance des matériaux. Tout cela constitue les conditions théoriques de la machine auxquelles s'ajoutent les conditions de service : emplacements, facilités, usures, et les conditions de fabrication ou conditions pratiques. Les documents relatifs à l'étude d'une machine forment, par leur réunion, le " dossier graphique " de la machine qui se développe sur deux plans dont les séquences ou phases sont assimilables à un texte écrit avec les alinéas, paragraphes, chapitres et sommaire, lisibles dans un sens ou un autre. Les deux plans sont :

- Le plan des opérateurs matériels que sont les éléments ou parties constitutives d'organes, les organes ou parties constitutives d'organismes, les organismes ou grandes subdivisions de l'ensemble et, enfin, l'ensemble lui-même qui est, pour la mécanique, un assemblage de mécanismes et, pour le bâtiment, un assemblage de services.
- Le plan des fonctions et conditions avec les matériaux employés et les éléments fonctionnels répondant aux conditions pratiques, les fonctions dans l'organisme : fonction liaison, couverture, fermeture, etc..., les fonctions dans l'ensemble répondant aux conditions d'établissement ou conditions théoriques, le programme général à remplir avec la fonction principale et les conditions générales à satisfaire.

PILLET donne ensuite quelques indications sur la cotation qui exprime les dimensions des différentes parties. C'est le point le plus faible de cet exposé où se trouvent,pour la première fois nettement séparées,les deux structures, matérielle et fonctionnelle, de l'objet technique.

Le " Cours de dessin technique " de DUPUIS et LOMBARD (1) nous fournit un exemple d'application des idées de PILLET aux contenus et à l'ordre didactique d'un cours de niveau moyen pour les Ecoles pratiques, les Ecoles professionnelles et les Ecoles nationales professionnelles.

- Le tome I est une introduction à l'étude du dessin industriel : instruments du dessinateur, procédés de reproduction, rappel des notions de base des mathématiques, de géométrie et de cinématique.

- Le tome II traite des représentations et des éléments de descriptive. Il comporte une note pédagogique à l'intention des enseignants

---

(1) DUPUIS (A.), LOMBARD (J.) : Cours de dessin industriel, 3 tomes, PARIS, DUNOD, 1910.

dont nous donnons ci-après les traits les plus marquants.

- Le tome III propose 34 sujets de dessin. Certains sont les sujets donnés aux concours d'entrée aux arts et métiers et à l'Ecole Centrale des arts et manufactures, entre 1904 et 1908. Le sujet " palmer " est à reproduire en y ajoutant une douille et une vis, le sujet " fût à rochet pour vérin " comporte une intersection à tracer, la " lunette à suivre de tour " est présentée démontée et doit être dessinée montée, etc...

Les conseils pédagogiques portent sur la nature et le choix des modèles. Il ne faut jamais faire reproduire des modèles dessinés, même en planches murales. Le point de départ doit être " l'organe courant, réellement industriel " que l'élève pourra prendre en main. L'outillage des ateliers doit fournir une précieuse collection de modèles que l'on classera avec soin. Ils serviront à faire des exercices de lecture et d'écriture. Pour chaque objet dessiné ou étudié, DUPUIS et LOMBARD recommandent de ne jamais omettre de faire un triple examen de l'objet :

- fonctionnel : fonction de l'objet, rôle de chacune des pièces, surfaces principales, surfaces secondaires,
- technologique : nom technique de l'ensemble et des pièces constitutives, exécution des pièces, matières, choix des formes, usinages, défauts de conception, d'exécution, parties inutiles, déformations, usures,
- géométrique : description géométrique, formes irrégulières, particularités géométriques, vues nécessaires, épures à faire, développements, tracés pratiques.

La qualité de l'exécution passe après son utilité. Il importe donc de bien coter en portant sur le dessin les cotes " principales ou essentielles " découlant de la fonction et d'y ajouter les cotes de fabrication et les cotes de contrôle.

Les exercices de lecture seront autant de problèmes posés, " ils font parler chacun des détails et donnent une signification propre à leur forme, à leur position relative ".

Progressivement, lecture et écriture se renforçant mutuellement, on pourra donner à faire des exercices " d'intelligence et de jugement ". Les apprentis auront à rendre compte, en schématisant et en

dessinant, des liaisons cinématiques et des formes appropriées des différentes parties. La complexité des problèmes augmentera en même temps que diminuera l'étendue des explications données. Une correction raisonnée devra suivre les exercices.

Ces conseils, qui nous semblent fort sensés, sont en conformité avec le programme des Ecoles professionnelles de garçons et des Ecoles pratiques d'industrie en vigueur à l'époque (décret du 22 février 1893) (1).

A la semaine sur le dessin dans les Ecoles pratiques d'industrie, les Ecoles de métiers et les Cours professionnels (formation des cadres moyens et de la main-d'oeuvre) de 1924 (2), la plupart des thèmes déjà évoqués sont repris et développés. L'intervention la plus marquante est celle de LAGNEAUX, professeur aux Ecoles professionnelles DIDEROT et DORIAN de Paris. Après avoir fait le procès du croquis coté et de l'exercice de lecture d'après des modèles dessinés individuels, il préconise le dessin de construction avec un soutien technologique.

Dès les premiers exercices, dit LAGNEAUX, on doit faire passer la conception avant la représentation en commençant par le thème dicté qui demande peu de création, puis des exercices de transformation et enfin des études simples assimilées à des problèmes à résoudre graphiquement. Les données du problème consistent en une fonction mécanique générale à réaliser et des fonctions secondaires qui se concrétisent dans des organes dont les matériaux, les formes, les dimensions, sont subordonnées à l'examen des considérations suivantes :

- fonction à réaliser,
- résistance économique,
- possibilité et simplicité d'exécution,
  de montage,
  de manoeuvre,
- esthétique mécanique.

---

(1) ANONYME : Exposition universelle internationale de 1900 (rapport du jury), groupe 1 éducation et enseignement, 5e partie, classe 6, tome I, PARIS, s. éd., 1902, (CHIPIEZ rapporteur).

ANONYME : L'enseignement technique en France, étude publiée à l'occasion de l'Exposition de 1900, Ministère du Commerce, de l'Industrie, des P. et T., Direction de l'enseignement technique, tomes IV et V, PARIS, Imp. Nale, 1900.

(2) COLLECTIF : Le dessin dans les Ecoles techniques, compte rendu des travaux de la semaine du dessin (28 juillet au 2 août 1924), 2e volume, publié sous la direction de A. DRUOT, Inspecteur général de l'enseignement technique, PARIS, DELAGRAVE, 1925.

Pour illustrer son propos, LAGNEAUX étudie un dispositif pour empêcher la flexion d'une pièce longue montée entre pointes sur un tour. Les efforts de coupe déterminent la position des deux surfaces fonctionnelles qui peuvent être réunies ou distinctes, ce qui donne une " lunette à suivre " à une ou deux touches. (On trouve ici l'amorce de ce qui sera systématisé par la suite (après 1950) sous le nom " d'analyse technique ") (1).

Une autre idée développée par LAGNEAUX est que les fonctions peuvent être représentées par des " boîtes noires " avec des entrées et des sorties, qu'il nomme, d'une façon imagée, des " machines de Chicago ". Si l'on veut bien admettre que la représentation d'une fonction par une boîte est aussi licite que celle qui fait de la fonction une relation (fléchée) entre deux ensembles, on doit reconnaître qu'il s'agit, là encore, d'un aperçu tres original.

Bien que tous les participants à la semaine du dessin scient d'accord pour admettre (intervention LOUBIGNAC) que la géométrie descriptive est secondaire en construction mécanique et qu'il est plus intéressant de développer une méthode qui insiste sur les déplacements de l'observateur et évite de séparer, dans l'esprit de l'élève, " la ligne géométrique de la ligne qui existe sur l'objet ", le projet de programme et d'instruction pédagogique présenté par LEPOIVRE, Directeur de l'Ecole pratique d'industrie de Saint-ETIENNE, respecte la structure classique : éducation de l'oeil et de la main, constructions au compas, tracés divers, pour la première partie ; méthode de représentation , conventions diverses et constructions géométriques, pour la seconde, et introduction progressive du dessin de machines, pour la troisième. Si l'Ecole technique comporte une section préparatoire, on ne traitera, à l'école même, que les deux dernières parties.

la normalisation des conventions et la multiplication des standards dimensionnels (2) conduisent certains auteurs à extraire du cours proprement dit la matière d'aide-mémoire présentant, sans ordre didactique, tout ce qui " serait donné normalement, pour la plupart, dans les classes de dessin, au fur et à mesure de l'avancement du cours " (3) (4).

---

(1) Cf. paragraphes suivants.

(2) Cf. Première partie, pag. 132.

(3) DRUOT (A.), LOUBIGNAC (J.L.) : Cours de dessin industriel, PARIS, EYROLLES, 1929.

(4) RESILLOT (G.) : Cours de dessin industriel (d'après les normes C.N.M.), PARIS, HERMANN, s.d., 1930(?).

La prépondérance affirmée du technologique sur le géométrique fait qu'on en vient tout naturellement à préconiser un important changement dans la pédagogie du dessin; ARMENGAUD avait déjà établi une liaison entre géométrique et technologique dans son " nouveau cours raisonné " (1) en illustrant chaque représentation de volume simple par un petit exemple technologique. Il s'agit maintenant d'aller plus loin et de commencer d'emblée par le dessin d'objets techniques. Il n'est donc plus question d'arriver à la représentation des volumes par la voie du point, de la droite et de la surface. LABBÉ et BEAUVAIS (2) imaginent une approche analytique en donnant des dessins d'organes de machines : arbres, vilebrequins, bielles, crosses, etc..., qu'ils découpent en " morceaux " s'apparentant à des volumes simples étudiés séparément.

La méthode de décomposition en solides géométriques, adoptée par quelques auteurs entre les deux guerres (3), se répand après 1945. Pour mieux en saisir la portée - et les limites - , il importe de remarquer que la cotation des formes dessinées ne s'imposait pas, tant que les tolérances de fonctionnement et, par conséquent, de fabrication étaient implicites. Vu le soin apporté à l'exécution, il était même superflu et redondant de coter, puisque les dimensions pouvaient être relevées directement sur le dessin ou sur l'échelle.

Si l'on craignait des erreurs de la part du professionnel qui devait fabriquer l'objet (du fait des variations de dimension du papier, par exemple), quelques cotes d'encombrement suffisaient à fixer les idées. Comme le rappelle PEIRA (4) : " J'ai débuté (vers 1910) avec une règle ayant un biseau gradué en millimètres et l'autre en pouces. Pour éviter toute méprise, il fallait dessiner finement, afin que la main-d'oeuvre agisse suivant ce qu'elle savait et savait faire. A tout hasard, on cotait en millimètres et neuf fois sur dix, l'ouvrier n'en tenait pas compte. Il relevait ses dimensions à l'échelle avec son réglet du pouce, ou son compas à pointes ". Cependant, en matière de cotation, l'enseignement prend ses distances par rapport à ces pratiques. En 1910, DUPUIS et LOMBARD (5) donnent déjà, comme nous l'avons vu, quelques conseils judicieux de cotation raisonnée..

---

(1) ARMENGAUD (Aîné) (et d'autres) : Nouveau cours raisonné..., op. cité, (1848-1849).

(2) LABBÉ (E.), BEAUVAIS (P.) : Cours de dessin industriel appliqué aux machines, PARIS, DELAGRAVE, 2 tomes, 1912.

(3) MARTIN (J.) : Traité pratique de dessin industriel, LIEGE, BERNARD, 8e éd., 1924.

(4) PEIRA (P.) : Le dessin à travers les âges..., op. cité, p. 141.

(5) DUPUIS (A.), LOMBARD (J.) : Cours de dessin industriel..., op. cité, (1910).

En 1930, LIBMAN (1) consacre un chapitre assez étoffé de son cours à la " surcharge des dessins ". Après avoir rappelé les règles de la mise matérielle des cotes, il distingue trois sortes de cotes : les cotes rigoureuses, les cotes ordinaires et les cotes approximatives. LIBMAN recommande d'affecter les cotes rigoureuses d'une tolérance. Ceci est très nouveau, et même en avance sur les pratiques courantes de l'industrie, puisque les premiers dessins " industriels " cotés avec des tolérances que nous ayons trouvés sont de 1935 (2).

La cotation s'impose désormais comme un moyen de faire connaître à l'utilisateur les limites de la tolérance affectées à une dimension. Mais on ne sait pas encore quelles règles appliquer. C'est alors que surgit une idée, apparemment inattaquable : il faut mettre les cotes dont l'ouvrier a besoin pour usiner la pièce, sans qu'il ait à calculer ou à chercher. L'ouvrage le plus explicite à cet égard est le cours de dessin de BERNARD et BITTÈS (3) qui font de la définition dimensionnelle la partie la plus importante du dessin. Même en admettant que la forme ne soit pas impeccable, disent BERNARD et BITTES, le document est bon lorsque sont donnés tous les renseignements nécessaires à la fabrication des pièces qu'il représente. Le cours se découpe en trois parties qui ne sont plus les trois parties que nous avons constamment trouvées jusqu'alors puisqu'il est constitué par :

1° - l'énoncé des règles et conventions qui permettent de définir en dessin les formes des pièces,

2° - l'étude des moyens de fabrication, afin de donner à l'exécutant toutes les indications propres à guider son travail,

3° - l'étude des dimensions à inscrire sur le dessin en fonction de la nature des procédés d'usinage.

" Les formes des pièces des machines, si compliquées qu'elles puissent paraître à première vue, ne sont que des assemblages d'éléments simples en nombre plus ou moins grand . Les six solides géométriques élémentaires sont le prisme, la pyramide, le cylindre, le cône, la sphère et le tore. Les six solides peuvent être exécutés sur machine et c'est de l'étude du fac[illegible] sur machines que découle la cotation des solides ". Ce choix des [illegible] est dominé par deux principes fondamentaux :

---

(1) LIBMAN (P.) : Pour apprendre soi-même le dessin industriel, PARIS, CHIRON, 19[illegible] .

(2) Cf. Première partie, page 130.

(3) BERNARD (J.) et BITTÈS (Z.) : Cours de dessin des industries mécaniques (notions préliminaires). PARIS, FOUCHER, 2 tomes, 1945.

1° - elles doivent pouvoir être relevées directement sur les pièces à l'aide des instruments de mesure en usage dans les ateliers,

2° - elles doivent être les dimensions mêmes qu'utiliseront les ouvriers au cours des différentes opérations d'usinage .

D'où l'ordre à respecter pour exécuter une représentation géométrale et la coter de manière satisfaisante :

1° - décomposer par la pensée l'organe donné en ses éléments simples,

2° - classer chacun de ces éléments parmi les solides élémentaires,

3° - effectuer la synthèse de l'ensemble en dessinant (et cotant) successivement les éléments composants.

Une variante de la décomposition fictive des formes de la pièce en solides géométriques élémentaires est la soustraction de solides d'un solide capable supposé constituer l'ébauche de la pièce. La cotation en vue du traçage, le calcul du poids de la pièce par addition des poids des volumes composants, sont des exercices souvent demandés. On contourne la difficulté que peut présenter la cotation des pièces de fonderie par cette méthode, en faisant valoir que la décomposition donne approximativement les volumes en bois dont on se sert pour faire le modèle.

FREDE (1) propose un " jeu de construction " en bois qui, Fig.186
d'après une notice du Syndicat général des Fondeurs de France, permet à l'apprenti de s'apercevoir " qu'un objet, si compliqué soit-il, est décomposable en parties simples et de formes géométriques élémentaires. Ce genre d'exercice offre, en outre, l'avantage de préparer l'élève à calculer des poids de pièces par une décomposition en solides de formes simples ". La méthode devient tellement systématique que chez
BELVALETTE (2) toutes les pièces volent en éclat sans règle bien pré- Fig.187
cise. Or, les Instructions générales de 1948 (dispositions communes à tous les établissements d'enseignement technique) (3) rappellent que " le dessin est un ordre donné aux ateliers. Il ne peut être établi qu'en tenant compte des moyens dont dispose l'atelier scolaire ou industriel ". Ainsi que le précisent BERNARD et BITTES, la décomposition

---

(1) FREDÉ (L.) : Einführung in das technische Zeichnen mit Aufbaumodellen, ESSEN, WITZEL, 1954.

(2) BELVALETTE (P.) : Cours de dessin industriel (1ère année), PARIS, DUNOD, 1959.

(3) ANONYME : Horaires, programmes, méthodes de l'enseignement technique, dispositions communes à tous les établissements d'enseignement technique, Instructions générales, C.N.D.P., Brochure 79 F.D. (instruction du 1er octobre 1948, éd. 1954).

en solides élémentaires conduit à la cotation, qu'elle soit de traçage ou d'usinage et nécessite que les élèves soient initiés à la pratique élémentaire des opérations de traçage, d'usinage et de contrôle. C'est aussi l'avis de BRU (1) pour qui " toute pièce, si compliquée soit-elle, peut être considérée comme formée d'un certain nombre de solides géométriques, à condition, bien entendu, de négliger quelques congés de raccordement qui ne modifient pas son aspect général. Donc :

1° - nous coterons ces volumes indépendamment les uns des autres,

2° - nous repérerons par un procédé simple ces volumes les uns par rapport aux autres,

3° - les surfaces usinées seront cotées indépendamment des volumes qu'elles limitent,

4° - les surfaces usinées (seront cotées) en position par rapport à certaines faces d'appui au cours de l'usinage."

L'Inspecteur général MONTAGNAN, dans une remarquable étude (2) sur ce qu'un autre Inspecteur général, CONSTANT, nommait le " trinôme industriel " (dessin - technologie - atelier), montre les limites des associations et dissociations de solides géométriques et préconise des exercices de modification, de complémentation et de création " de structures nouvelles pour des fins particulières ", mais il ne met pas en doute la nécessité d'avoir " une idée assez précise des procédés de traçage et d'usinage " pour coter correctement.

Pourtant, les concepteurs ont toujours su que " les formes sont la conséquence d'un besoin " (3) et que les dimensions sont elles-mêmes déterminées par les propriétés des matériaux et les relations qu'il y a entre l'objet et son environnement. C'est ce qu'avait déjà soutenu RONDELET, en 1810, dans son cours de construction (4), mais il faut remarquer qu'en construction mécanique, qui nous occupe plus particulièrement, " la création de structures nouvelles " avait toujours été laissée à l'initiative de l'ingénieur et que la mise en relation des pièces constitutives entre-elles était du ressort de " l'ajusteur ". La

---

(1) BRU (A.) : Cours général de dessin industriel..., op. cité, (1950).

(2) MONTAGNAN (H.) : Dessin - technologie - travaux manuels, in Technique, Art, Science, 1947, janvier, pp. 32-38.

(3) VIOLET-LE-DUC (E.) : Histoire d'un dessinateur, PARIS, HETZEL, 1879, p. 231.

(4) RONDELET (M.) : Discours pour l'ouverture du cours de construction ..., op. cité, (1810)

définition des formes par le dessin, qu'il soit coté ou non, pouvait donc suffire. C'est l'utilisation des tolérances de fabrication qui fait apparaître que la combinaison de ces tolérances dans un ensemble de pièces en relation donne une tolérance résultante qui est une tolérance de fonctionnement. Mais la logique commande d'inverser le raisonnement et de prendre la tolérance de fonctionnement comme point de départ et de la distribuer entre les pièces constitutives, ce qui permet de rechercher la " chaîne minimale " et d'avoir la plus large tolérance sur chaque pièce composante.

Le tolérancement en fonction de la fabrication se voit remplacé, du moins dans un premier temps, par un tolérancement " en fonction du fonctionnement ". Encore faut-il savoir quelles valeurs attribuer aux tolérances de fonctionnement ; à défaut de lois bien établies, elles proviendront de tableaux d'ajustements recommandés, d'expérimentations ou de la technologie de construction.

Entre 1950 et 1960, alors que la cotation fonctionnelle se développe dans l'industrie, surtout automobile (1), les professeurs de l'enseignement technique font connaissance avec le dessin fonctionnel par des articles divers (MADELMONT (1955), PEUBLE (1955), JAFFEUX (1957), etc...) et par l'ouvrage de PASQUET et BURTEL (2) qui, après avoir déclaré dans la préface que " le dessin ne peut avoir au début qu'un caractère géométrique basé sur la décomposition des formes de la pièce en solides géométriques ; plus tard, dès que l'élève aura des connaissances suffisantes des procédés de fabrication, il prendra un caractère constructif par l'étude des formes et des conditions de fabrication économique de la pièce aux différents stades de sa réalisation ; plus tard, enfin, l'enseignement du dessin lié à celui de la technologie de construction prendra un caractère fonctionnel découlant de l'étude des fonctions mécaniques élémentaires ", consacrent un chapitre de chacun

---

(1) JAFFEUX fixe à 1937 le début de la cotation fonctionnelle (usines CITROËN). En 1944, la cotation fonctionnelle était enseignée dans certaines écoles de l'armement.

(2) PASQUET (R.), BURTEL (P.) : Dessin industriel, PARIS, HACHETTE, 3 tomes, 1951.

des tomes de leur cours à l'étude des trois cotations : par formes géométriques, par formes usinées et par formes fonctionnelles.

En septembre 1957, au cours de la semaine pédagogique, consacrée au dessin et aux travaux d'atelier, à Cachan, PASQUET et JAFFEUX font devant l'Inspection générale et des représentants de chaque Académie deux exposés déterminants.

PASQUET (1) montre que la circulation internationale des dessins rend indispensable l'adoption d'un mode de cotation qui ne soit pas tributaire de tel ou tel moyen de fabrication et donne une assurance quant au résultat. Le dessin de définition (fonctionnel), actuellement étudié par les spécialistes de la normalisation, sera ce " document-contrat ", véritable cahier des charges destiné à faire foi dans les services de conception et de réalisation, PASQUET en recommande l'étude dans les établissements scolaires où jusqu'alors " la plus aimable fantaisie préside souvent au choix des dimensions à coter (...). Telle ou telle cote, estimée susceptible de servir éventuellement à l'ouvrier, est mentionnée sans qu'on se préoccupe de savoir si, compte tenu des additions de tolérances, on n'aboutira pas à des ambiguïtés ou même à des impossibilités ". Puis JAFFEUX étudie quelques cas typiques de cotation fonctionnelle du dessin au bureau d'étude (2).

Aussitôt après 1957, on assiste à une floraison d'ouvrages sur le sujet, basés sur des méthodes plus ou moins compliquées. En 1965, PASQUET, VACQUER et DEGOULANGE (3) publient, après ROPION et MADELMONT, un ouvrage destiné " aux élèves de l'enseignement technique ", entièrement consacré à la cotation fonctionnelle et de fabrication. Désormais, tous les ouvrages scolaires feront une place importante à la cotation, mais il subsiste encore quelques incertitudes conceptuelles et, par conséquent, pédagogiques. Il n'est pas rare de demander sur le même dessin deux cotations : fonctionnelle et de fabrication (4) et la notion de fonction est encore assez floue. En 1963, nous avons proposé à une centaine de professeurs de construction de donner par écrit leur défini-

---

(1) PASQUET (R.) : Dessin de définition, dessin d'exécution, in Technique, Art et Science, 1957, n° 113, pp. 36-39.

(2) JAFFEUX (R.) : La cotation fonctionnelle du dessin du bureau d'étude, in Technique, Art, Science, 1957, n° 113, pp. 40-46.

(3) PASQUET (R.), VACQUER (R.), DEGOULANGE (F.) : La cotation fonctionnelle, PARIS, DUNOD, 1965.

(4) DEFORGE (Y.) : La cotation fonctionnelle d'un porte-outil, in Le cours industriel, 1965, n°s 6 et 7, pp. 164-170 et 195-202.

tion de la " fonction ", nous avons recueilli 39 réponses différentes (1). Par rapport à la définition : " la fonction est une relation entre les données d'un problème et les résultats attendus " (2), aujourd'hui généralement acceptée, on constate d'assez fortes divergences et, surtout, une absence de discrimination entre la fonction technique, qui n'a pas d'existence matérielle ne de limite spatiale et, par conséquent, pas de dimension, et le fonctionnement qui concerne les relations internes au système isolé, constitué du ou des éléments matériels " remplissant " la fonction. La distinction avait pourtant été faite par MONTAGNAN (3) sans qu'on en ait, en son temps, apprécié toute la portée. " Un mécanisme n'est pas un simple agrégat, ses éléments ne sont pas des grandeurs sommatives. Il peut être défini de ce point de vue : un ensemble d'éléments mécaniques dont la " forme " (MONTAGNAN fait référence à la gestalt) résultante varie avec les liaisons imposées aux éléments composants. Il est évident que l'interdépendance des organes d'une machine établit une lumineuse correspondance de l'élément à l'ensemble. L'effet de cet élément est fonction lui-même de sa situation et les liaisons qui lui sont imposées. Une machine est donc mieux qu'une fonction de plusieurs variables, elle est une fonction de fonctions, avec toutes les considérations de correspondance attachées à cette notion ". Si les fonctions ne peuvent se dimensionner, elles peuvent s'agencer, se hiérarchiser et fusionner dans une synergie fonctionnelle dont SIMONDON (4) fait la pierre de touche d'une technologie évoluée. Un opérateur technique (volume ou surface) remplit alors plusieurs fonctions ; par exemple, le joint torique du piston de frein lockheed qui est à la fois joint (fonction étachéité), ressort (fonction rappel), et guide (fonction guidage).

Il manquait encore aux professeurs une réflexion sur la façon de remplir la fonction autrement que par l'utilisation de solutions toutes faites. A la suite de notre travail sur l'invention technique, nous avions posé la question d'une pédagogie de l'invention (5). Il semble qu'aujourd'hui encore, malgré les nombreux guides pratiques

---

(1) DEFORGE (Y.) : La genèse des produits techniques..., op. cité, (1966).

(2) DEFORGE (Y.) : L'éducation technologique..., op. cité, (1970), p. 76.

(3) MONTAGNAN (H.) : Dessin - technologie - travaux manuels..., op. cité, (1947).

(4) SIMONDON (G.) : Du mode d'existence des objets techniques..., op. cité, page 37.

(5) DEFORGE (Y.) : Peut-on apprendre à inventer ?, in Le cours industriel, 1966, n° 9, pp. 255-260.

proposés aux enseignants, cette voie n'ait été empruntée que par quelques novateurs (1).

Par contre, s'il s'agit de bien comprendre un objet existant ou de le construire, sans inventer, l'analyse technique, mise en forme par CANONGE (2) et largement diffusée par les Ecoles normales, donne un cadre méthodologique à l'étude en associant la réflexion, le calcul et le graphisme.

C - Période actuelle

L'évolution de l'enseignement du dessin s'achève sur une profonde mutation. Alors qu'auparavant l'enseignement était centré sur la rationalité de la représentation, par un basculement irréversible, c'est sur la rationalité de la construction qu'il se centre désormais. Rationalité à deux niveaux, celui des fonctions (logique fonctionnelle) et celui des objets (logique technique ou technologique).

Les études publiées par le C.R.D.P. de Dijon pour les C.E.T. (3), celles de QUESTEL pour les lycées (4), sont des illustrations de cette approche. Des thèmes techniques servent de révélateur à des notions à faire acquérir quand le besoin s'en fait sentir, sans ordre didactique. Le fil conducteur est la complexité croissante des entrées et des sorties et, par conséquent, la structure fonctionnelle.

Les ouvrages scolaires récents traitant du dessin technique et, plus largement, du graphisme technique témoignent de l'évolution dans le sens d'un abandon de la progression préétablie et de la mise à la disposition de l'utilisation d'une documentation abondante. Les principaux titres, parus entre 1970 et 1974, sont des aide-mémoire, des ouvrages de méthodologie, des recueils d'exemples d'études à partir d'ensembles fonctionnels. Les cours de dessin proprement dits sont minoritaires.

La moitié environ du contenu des recueils documentaires est constituée par des extraits de la normalisation. Le reste est consacré à la cotation fonctionnelle, qui occupe cinquante pages dans le

---

(1) MULLER (P.), FESCHOTTE (P.) : Méthodologie de la construction, in Recherches sur le dessin technique et la construction, Recherches pédagogiques, I.N.R.D.P., 1975, (à paraître).

(2) CANONGE (F.) : Aspect général de l'analyse technique, in Le cours industriel, 1963, n° 6, pp. 161-163.

(3) COLLECTIF : Pédagogie nouvelle, construction mécanique, DIJON, C.R.D.P., 5 cahiers, 1969.

(4) QUESTEL (Cl.) : Cours analytique de technologie de construction mécanique, PARIS, DUNOD, 2 tomes, 1970-1972.

CHEVALIER (1), quarante dans le NORBERT ; les constructions graphiques de base, les méthodes de représentation et la géométrie descriptive (que RIBEROL, en l'incluant dans les " renseignements relatifs aux tracés ", ramène à une sorte de méthode de construction des vraies grandeurs et des intersections) occupent une place relativement modeste.

La comparaison des sommaires ne fait pas apparaître d'ordre didactique marqué, ce qui est normal puisqu'il s'agit de renseignements dont l'usage dépend de circonstances extérieures. C'est à partir du lexique ou de l'index alphabétique que se fait l'appel du renseignement. Les utilisateurs sont assez vaguement définis : " les élèves des Ecoles techniques " (NORBERT)," les élèves de tous les établissements de l'enseignement technique (lycées et collèges), ainsi qu'à toutes les personnes pour qui la pratique du dessin industriel est une nécessité courante " (RIBEROL). Seul LENORMAND précise que le dernier tome de son " Mémento ", traitant des problèmes graphiques (géométrie descriptive, mécanique, abaques), est destiné " en premier lieu " aux élèves de l'enseignement technique long, bien qu'il contienne " aussi bien des renseignements destinés au débutant que des renseignements utiles au technicien " (2) (3) (4).

En somme, les renseignements stockés dans ces ouvrages constituent une mémoire artificielle qui aide la mémoire humaine et, à la limite, la remplace. Les tableaux de nombres, les formules plus ou moins affinées, les algorithmes de résolution, pourraient aussi bien être conservés dans un dispositif de documentation automatique.

En passant au domaine de la construction mécanique, on peut remarquer que certaines normalisations sont des solutions obligées à des problèmes technologiques courants. Quant aux autres, elles découlent soit du calcul, soit de la récupération de l'existant. La résolution graphique et même matérielle de problèmes techniques par l'usage de modèles mathématiques est déjà courante en informatique.

---

(1) CHEVALIER (A.) : Guide du dessinateur industriel, PARIS, HACHETTE, 1969.

(2) (3) (4)
LENORMAND (G.), TINEL (J.) : Mémento de dessin industriel, 3 tomes, PARIS, FOUCHER, 1971-1974,
1 - Convention de représentation, cotation ;
2 - Documentation dimensionnelle ;
3 - Problèmes graphiques, (1974).

NORBERT (M.), PHILIPPE (R.) : Aide-mémoire de l'élève dessinateur et du dessinateur industriel, UZES, LA CAPITELLE, nouv. éd., 1972.

RIBEROL (H.) : Aide-mémoire, dessin industriel, PARIS, DELAGRAVE, 1972.

Les problèmes plus technologiques, s'ils nécessitent pour leur résolution une sorte de pondération des influences, peu modélisable, peuvent au moins être traités, dans la plupart des cas, par récupération de solutions antérieures. Les ouvrages de construction, présentant des " éléments technologiques " comme ceux de LENORMAND et MIGNÉE (1) et de POIGNON (2), ne font rien d'autre que de mettre à la disposition des utilisateurs un catalogue, ordonné ou non, des solutions élémentaires de principe ou technologiques. LEBLANC, ARMENGAUD, BARDIN, etc..., au milieu du siècle dernier, ne procédaient pas autrement, mais leur pédagogie n'allait pas au-delà de la copie de ces modèles, tandis que les instructions les plus récentes recommandent de mettre l'accent sur la logique de la construction technique qui gouverne le choix et la combinaison des solutions, ainsi que l'appel des renseignements : " Une étude logique précédera toujours la représentation graphique d'une solution possible. Cette étude, collective le plus souvent, sera schématisée clairement et avec simplicité (organigramme, logigramme, graphe...). La recherche des solutions possibles, ouverte par la présentation combinatoire des facteurs (matrices ou tableaux divers) avec analyse de ces solutions, permettra d'initier l'élève à une méthodologie de la construction et de développer son esprit critique " (3).

Fig. 53-54

Fig.189

Un ouvrage au titre aussi significatif que la " méthodologie de la construction mécanique " de CHABAL (et autres) ne comporte aucun dessin d'ensemble exploitable industriellement. L'exemple d'application : " étui à mines " (petit tube avec couvercle) expose sur seize pages la logique de ce modeste objet. QUESTEL (4), dans un ouvrage plus directement destiné aux élèves (classe de seconde et débutants), expose dans un avant-propos que " la technologie de construction, qui se propose de résoudre les problèmes relatifs aux objets techniques, peut, malgré sa relative complexité, être logiquement structurée et méthodiquement étudiée (...) sous forme analytique, en faisant appel à une logique d'agencement relative à des concepts bien définis et codifiés ".

---

(1) LENORMAND (G.), MIGNÉE (R.) : Construction mécanique, éléments de technologie, PARIS, FOUCHER, 4 tomes, 1974.

(2) POIGNON (P.) : Construction des machines, SARREGUEMINES, PIERRON, 3 tomes, 1955.

(3) ANONYME : Recommandation de l'Inspection générale sur la pédagogie de l'enseignement...de la construction dans les lycées techniques, ronéoté, novembre 1971, p. 5.

(4) QUESTEL (Cl.) : Cours analytique de technologie de construction...,, op. cité, (1970-1972).

Les considérations pédagogiques relatives à l'enseignement du dessin dans les classes de B.E.P. (1) demandent que soit mis en évidence " le lien logique existant entre chaque surface et les impératifs auxquels elle est soumise (fonction à assurer dans le cas d'un dessin de définition, conditions de réalisation, dans le cas d'un dessin de fabrication) ". Le professeur de dessin doit se considérer " essentiellement chargé du cours de construction ".

La même orientation prévaut dans l'enseignement de la technologie en 4e et 3e, où " toute bonne pédagogie doit situer la connaissance dans les perspectives correctes pour des études éventuelles du niveau plus élevé " (2). Les projections et conventions à enseigner, l'entraînement à la vision spatiale et la cotation fonctionnelle doivent aller de pair avec " l'analyse logique de l'objet " qui permet de mettre en évidence " la chaîne technologique qui unit l'action d'entrée à la sortie, (cette chaîne) sera représentée à la fois par un tableau logique et un schéma technologique, on remarquera que le tableau logique correspond aux représentations graphiques des relations entre éléments d'un ou plusieurs ensembles. Il doit mettre en évidence la logique d'agencement de l'objet ". Fig.190

Les programmes de lycées techniques confirment ou inspirent cette orientation en présentant brièvement les conventions et techniques du dessin, " qui doivent être enseignées à l'occasion des études technologiques " ; un dessin industriel " étant avant tout la traduction graphique de l'organisation fonctionnelle et architecturale d'un ensemble ou d'une pièce de cet ensemble " (programme de seconde, 1967), bien qu'il soit dit dans le programme de première et de terminale que le dessin ne doit pas se réduire à un graphe, à un schéma ou à un tracé de surfaces fonctionnelles, le " but idéal " est d'apprendre aux élèves " à conduire une analyse technique, à reconnaître les fonctions techniques et à savoir les agencer logiquement ". "Le professeur de construction, notent les instructions de 1967 pour les baccalauréats de techniciens, n'a pas à faire de leçons sur les disciplines générales et de fabrication, mais il doit pouvoir les utiliser toutes. Si un problème de construction introduit une notion de physique non encore enseignée, le professeur de construction pourra l'exposer rapidement sans pour au-

---

(1) ANONYME : B.E.P. en ouvrages métalliques, horaires, programmes, instructions, I.N.R.D.P., Brochure n° 268 p9, 1970.

(2) ANONYME : Enseignement de la technologie, classes de quatrième et de troisième, I et II, horaires, programmes, instructions, I.N.R.D.P., Brochure n° 6069, 1973.

tant faire une leçon de physique. De même pour les autres disciplines ". Si " les autres disciplines " jouent le rôle de réservoir d'informations, il reste à enseigner la logique de la construction à travers une analyse des solutions existantes et l'établissement du programme de résolution de problèmes. Les méthodes graphiques prennent elles-mêmes allure de techniques d'appoint pour une discipline autonome : " la logique d'agencement " (1).

De là à penser qu'il n'est plus besoin d'enseigner progressivement et méthodiquement les bases traditionnelles du dessin technique : constructions élémentaires et méthodes de représentation, il n'y a qu'un pas que franchissent certains professeurs.

D'après notre enquête de 1973 (2), 82 % pensent que le milieu dans lequel est plongé l'enfant lui fournit des connaissances quant à la compréhension des systèmes mécaniques,

. 68 % quant à la représentation dessinée d'objets techniques,
. 67 % quant au vocabulaire technique,
. 39 % quant à la vision dans l'espace,
. 30 % quant à la connaissance des codes.

72 % souhaitent que le dessin technique soit enseigné dès l'école primaire pour développer certaines aptitudes, facilitant ultérieurement l'apprentissage du " vrai " dessin technique. Mais peu de professeurs font confiance aux capacités des instituteurs et des professeurs de physique-technologie de 4e et 3e, puisque 7 % seulement tiennent compte du fait que les élèves, qu'ils reçoivent en cours de dessin et construction, ont fait de la technologie dans le premier cycle.

En somme, de nombreux professeurs seraient enclins à abandonner à un enseignement préalable, à une école parallèle (le milieu technique), ou même à l'innéité (17 % des professeurs pensent que la reconnaissance et la représentation d'une forme ne dépendent pas d'un apprentissage), le soin de mettre en place les bases du dessin, eux-mêmes se réservant la partie valorisante de l'enseignement.

Une analyse plus fine des objectifs assignés à l'enseignement montre que cependant les professeurs sont sensibles au décalage entre leurs souhaits, en partie inspirés par les instructions officielles (cf. paragraphe précédent), et les possibilités réelles des élèves.

---

(1) GÉMINARD (L.) : Technologie, analyse technique, logique d'agencement, in Techniques industrielles, 1968, n° 4.

(2) DEFORGE (Y.) : Compte rendu des réponses à un questionnaire..., op. cité.

Les objectifs cognitifs les plus souvent cités sont : lire des plans, des dessins complexes, reconnaître une pièce dans un ensemble et, plus précisément, reconnaître les fonctions d'un ensemble et d'une pièce. Représenter par un dessin vient en second lieu avec un complément : pouvoir s'exprimer par un schéma, un croquis, savoir dessiner une pièce prise dans un ensemble. Savoir coter est souvent cité (surtout coter fonctionnellement). Viennent ensuite, dans l'ordre : connaître la normalisation, acquérir des notions élémentaires de construction, apprendre à rechercher des solutions technologiques.

Une seconde catégorie d'objectifs rassemble les objectifs de développement d'aptitudes intellectuelles : raisonnement logique, esprit critique, créativité (pouvoir exprimer et modifier des idées), initiative, sens de l'observation, vision spatiale. D'autres objectifs sont plus en relation avec les comportements : rigueur dans l'exécution, qualités graphiques, soin, précision, dextérité, sont souvent cités.

Nous avons vu que le dessin technique, impuissant à être un instrument d'émancipation, avait été récupéré à des fins normatives et moralisatrices dont on retrouve la trace dans les objectifs comportementaux des professeurs, qui font de la pratique du dessin une école de soin, de rigueur, etc... Par sa position de " discipline instrumentale semi-théorique " (1), le dessin technique, objectivement médiateur, est symboliquement un réconciliateur de la théorie et de la pratique. C'est le dessin qui " facilite l'adaptation de l'élève à des tâches nouvelles et lui permet d'embrasser tous les domaines qui s'offrent à lui " (2). Le rôle de tampon joué par le dessin est souligné par GRIGNON (3), pour qui la logique d'agencement, qui inculque à l'élève une représentation fonctionnelle du monde technique, tend à lui suggérer, à défaut d'une " systématisation affective " ou d'une " systématisation révolutionnaire ", interdites à l'école au nom de la neutralité, " une représentation fonctionnaliste du monde en général et, plus particulièrement, des rapports entre individus et société ". Les mécanismes de son destin social et de la structure conflictuelle de la société qu'il ressent " naïvement " sont assimilés à un simple disfonctionnement dans un monde réglé où " tout fonctionne à la manière d'un objet technique, un peu comme une horloge infiniment complexe dont chaque individu constituerait un rouage ". Quelques professeurs de C.E.T., pour se donner l'illusion de trom-

---

(1) MARTRAY (F.) : Pédagogie de l'enseignement technique..., op. cité, (1952).

(2) Réponse d'un professeur à l'enquête.

(3) GRIGNON (Cl.) : L'ordre des choses, PARIS, ED. de MINUIT, 1971.

per le déterminisme, ont indiqué qu'ils visaient délibérément la préparation au C.A.P. de dessinateur, alors qu'ils avaient mission de former des mécaniciens. Illusion dangereuse pour les élèves quand on sait les aléas de l'emploi de dessinateur à ce niveau et la déqualification que constitue alors un emploi à la production ; puisque, sur le " marché du travail ", ce sont encore les " consommateurs " qui font la loi.

4 - NOTE COMPLEMENTAIRE SUR LES INSTITUTIONS

L'historique des institutions et des écoles d'enseignement technique moyen et professionnel, créées ou développées au cours des XIXe et XXe siècles, a été retracé dans plusieurs ouvrages et études que nous avons déjà cités (1). L'étude du graphisme technique tient, dans les programmes de ces écoles, une place proportionnellement assez variable (entre le cinquième et le dixième de l'horaire hebdomadaire), mais difficile à fixer avec exactitude, étant donné les reports d'heures sur d'autres matières comme pour la géométrie descriptive, parfois incluse dans les mathématiques, et l'association dessin-technologie-travaux pratiques sous le titre unique " d'enseignement professionnel " dans certains programmes.

Les écoles techniques moyennes : arts et métiers et E.N.P.

Dans les Ecoles d'arts et métiers, dont la fondation comme écoles destinées à former " de bons ouvriers et des chefs d'atelier " remonte à 1803 (2), l'ensemble dessin-technologie de construction-éléments de machines et projet se stabilise autour de 800 heures pour trois années. En 1864, GOUIN, cité par LEGOUX, (3), dans son enquête sur l'enseignement professionnel, estime que cette formation " fait de bons dessinateurs bien pénétrés de la forme des machines ". Après les remaniements des programmes de 1885 et 1889, les Ecoles d'arts et métiers ont toujours pour but " de former des ouvriers capables de devenir des chefs d'atelier et des industriels versés dans la pratique des arts mécaniques ", mais les difficultés croissantes des concours d'entrée et l'abondance des programmes en font de véritables écoles d'ingénieurs. Il fallait donc trouver

---

(1) PROST (A.) : L'enseignement en France, 1800-1967, PARIS, A. COLIN, 2e éd. 1970, bibliographie pp. 321-322.

(2) LÉON (A.) : Les origines et les débuts de la première Ecole d'arts et métiers, in Actes du 95e Congrès national des Sociétés savantes, REIMS 1970, tome I, PARIS, B.N. 1974, pp. 185-195.

(3) LEGOUX (Y.) : Du compagnon au technicien, PARIS, TECHNIQUES et VULGARISATION, 1972, p. 68.

une autre structure d'enseignement technique moyen.

Longtemps entravée par des querelles administratives entre le Ministère du Commerce et de l'Industrie et le Ministère de l'Instruction publique, la création d'écoles techniques moyennes se développe à partir de la loi de 1880, créant les Ecoles manuelles d'apprentissage qui deviendront, par la suite, les Ecoles nationales professionnelles sur le modèle de la première de ces Ecoles, créée, en 1881, à Vierzon sous le double parrainage de l'Instruction publique et du Commerce. Elles ont pour finalité de former en trois, puis en quatre ans, de 12 à 16 ans, des ouvriers très qualifiés et, dans les classes spéciales, des candidats aux arts et métiers. Là encore, on retrouve un total de l'ordre de 800 heures de formation attribuées au dessin ; s'il retombe à 600 heures, en 1930, par suite de modifications de structure, il dépasse à nouveau 800 heures en 1950 (1). La transformation des E.N.P. en collèges puis lycées techniques préparant les baccalauréats E et T en trois ans, a ramené ces horaires au-dessous de 600 heures en 1974.

Après 1892 (2), le Ministère du Commerce et de l'Industrie est autorisé à transformer un certain nombre d'écoles primaires à vocation professionnelle en " Ecoles pratiques de Commerce et d'Industrie " et à en ouvrir de nouvelles si nécessaire. Les Ecoles pratiques ont un niveau semblable à celui des E.N.P., mais sont plus diversifiées dans les orientations. Elles se développent rapidement. En 1920, les Ecoles pratiques sont rattachées à l'Instruction publique et, en 1921, la plupart deviendront E.N.P. Les dernières seront transformées en Collèges techniques (depuis Lycées techniques), en 1941.

Les écoles d'apprentis . L'Ecole DIDEROT

L'apprentissage, durant le XIXe siècle, connaît une crise profonde, due à l'évolution des structures de l'emploi dans l'industrie et à l'incapacité des législateurs de combler le vide laissé par la suppression des corporations. Ce n'est qu'en 1851 qu'est votée une loi donnant un nouveau cadre à l'apprentissage et instituant, par son article 10, l'obligation pour l'employeur de laisser l'apprenti " prendre sur sa journée de travail, le temps et la liberté nécessaires pour son instruction ". Malheureusement, les dispositions de la loi sont facilement tournées et la situation s'aggrave d'année en année.

---

(1) JANOD (R.) : L'évolution de l'enseignement technique, in Technique, Art, Science, 1974, n°s 3-4.

(2) ANONYME : Exposition universelle internationale de 1900 : l'enseignement technique en France..., op. cité, (1900); cf. programme des Ecoles pratiques d'industrie.

Puisque la manufacture et l'usine s'avéraient ne pouvoir être un lieu de formation pour l'apprenti, on en vient à penser à la formation des apprentis à l'école. De très vifs débats ont lieu sur le thème de l'atelier dans l'école et de l'école dans l'atelier. En 1871, un mémoire d'O. GREARD sur les Ecoles d'apprentis conclut sagement à la nécessité d'une expérience. Le conseil municipal de la ville de Paris, dans sa séance du 27 mai 1872, décide :

- l'attribution de subventions à des sociétés, établissements ou ateliers-modèles qui contribueraient à donner à l'apprentissage, dans la ville de Paris, une direction éclairée ;
- l'inscription de subventions en vue de développer les classes de dessin et d'encourager les apprentis à fréquenter les cours du soir ;
- la création d'une Ecole-type d'apprentis.

Fin 1872, L'Ecole DIDEROT ouvre ses portes, 60, boulevard de la Villette. Elle " est destinée à former des ouvriers instruits et habiles pour l'un des métiers suivants : forge, tour sur métaux, ajustage, serrurerie, mécanique de précision, modelage, menuiserie, plomberie et électricité ". Les garçons sont admis à 13 ans, et leur enseignement professionnel est complété par une instruction primaire. Les études durent trois années (1). Les horaires de dessin se maintiendront pendant une cinquantaine d'années au niveau de 700 heures, descriptive non comprise. Ceci permettra à de nombreux élèves formés, dans les spécialités ci-dessus, d'être dessinateurs à un moment donné de leur vie professionnelle (2). A finalités semblables, on peut rapprocher les horaires des élèves de DIDEROT en 1880 des horaires actuels des sections préparant au C.A.P. et au B.E.P. de la mécanique (sur la base de 32 sem. par an).

MATIERES	HORAIRES TOTAUX		
	DIDEROT	C.A.P. (3)	B.E.P. 2ans
Français	320	384	256
Histoire géographie	320		
[illegible]	128	240	192
Dessin industriel	640	283	256
Dessin d'art	192	96	64
Géométrie descriptive	320	0	0
Technologie	192	192	192
Physique-chimie-Sciences appliquées	192	144	128
Gymnastique	64	384	64
Atelier. Travaux pratiques	4 050	1536	1 344

(3) C.A.P. Arrêté du 25 juillet 1973.

(1) QUEF (P.) : Histoire de l'apprentissage..., op. cité, (1964), p. 167.
(2) LEGOUX (Y.) : Du compagnon au technicien..., op. cité, (1972), p. 138.

Les Ecoles professionnelles ou industrielles

Si des Ecoles professionnelles ou industrielles surgissent en grand nombre à partir du milieu du XIXe siècle, c'est un peu pour pallier l'absence d'enseignement organisé, mais c'est aussi pour sacrifier à une mode, dit AUDIGANNE (1), qui recommande de se tenir en garde contre les apparences de nombreuses écoles dites professionnelles n'ayant aucun caractère pratique. Certaines jouissent cependant d'un renom mérité.

L'étude sur l'éducation professionnelle en France de Ph. POMPÉE (2) est une réponse au concours ouvert par l'Académie du Gard sur le thème suivant : " L'éducation professionnelle peut-elle avoir sa hiérarchie primaire, secondaire, supérieure, comme les autres enseignements ? "

POMPÉE constate qu'après l'enseignement primaire qui se termine vers 12 ans, à la première communion : " il n'y a rien pour les classes inférieures de la société. L'enfant met ses forces naissantes à quelques services grossiers qui l'abrutissent ou, s'il est plus heureux, il se met en apprentissage ". Il préconise, à la suite du primaire et à côté du secondaire, l'ouverture d'écoles intermédiaires donnant un enseignement préparatoire commun à un certain nombre de professions, car POMPÉE ne croit pas qu'un apprentissage complet puisse être fait en école. Il propose d'appeler ces établissements Ecoles technologiques ou Collèges industriels ou de leur donner le nom d'un grand technicien.

POMPÉE, qui est instituteur et pestalozziste, ouvre, après avoir fondé la future Ecole TURGOT en 1839, l'Ecole professionnelle d'Ivry, en 1853. Son programme s'étend sur 4 ans et porte sur les matières techniques générales, car il ne s'agit pas d'apprendre " à limer, scier et tourner ", il se complète d'une éducation physique, morale et intellectuelle. POMPÉE accorde une importance toute particulière à " l'enseignement graphique ", dans lequel il inclut le dessin d'architecture, le dessin de machines et la construction, mais aussi la calligraphie, le dessin d'ornement et de la figure, le dessin géométrique et la géométrie descriptive ; il ne précise malheureusement pas quel horaire il attribue

---

(1) AUDIGANNE (A.) : L'enseignement industriel en France, in Revue des deux mondes, 1851, tome II, pp. 860-893.

(2) POMPÉE (Ph.) : Etude sur l'éducation professionnelle en France..., op. cité, (1863).

à l'enseignement graphique. Il devait être important si l'on en juge par les contenus.

L'Ecole " La Martinière ", citée par POMPEE comme un exemple répondant à ses voeux (ce que confirme MORIN (1) qui trouve que l'enseignement à la Martinière est beaucoup plus dynamique que celui des arts et métiers), avait été fondée en 1826 à Lyon, grâce au legs du major MARTIN. Elle donne, à ses débuts, un enseignement sur quatre années. Les premières années sont consacrées à un enseignement préparatoire à la profession et les deux suivantes se partagent entre une initiation aux métiers du commerce et aux métiers industriels. Les élèves industriels y reçoivent le total considérable de 960 heures de dessin dans des conditions, il est vrai, difficilement imaginables de nos jours. 330 élèves se trouvent réunis dans la même salle cinq fois par semaine, sous la surveillance d'un professeur et de sept aides. On pratique le " procédé la Martinière " (dessin au crayon blanc sur ardoise 540 × 380) et l'enseignement mutuel; la copie de modèles, si elle est la règle, s'accompagne de leçons : " une démonstration, pour être bien comprise, doit être brève et simplement exposée ; il convient, lorsque le modèle à copier est compliqué, de le décomposer pour le démontrer fonctionnellement et à plusieurs reprises ". La cotation se fait en distinguant les cotes générales et les cotes fractionnelles (1852).

DUPASQUIER, architecte du gouvernement, qui enseigna pendant trente ans à la Martinière, a décrit en détail l'organisation de cet enseignement : " Cinq minutes avant la fin de la classe, annoncée par un premier coup de cloche, les chefs de section réunissent les outils et les enferment dans le tiroir du porte-modèle dont ils retirent la clef ; ils viennent ensuite se placer au point B (pl. 31, fig. 1ère). Au second coup de cloche, les élèves prennent leurs casquettes et se lèvent ; au troisième, ils se développent en ordre et se rangent en colonne au centre de la classe, ayant le brigadier en tête, venant se placer derrière le chef de section. Au quatrième coup de cloche, la colonne se met en mouvement pour sortir, en commençant par la première division. Messieurs les répétiteurs se placent au centre de leur division, etc... " (2).

D'autres Ecoles sont à signaler : l'Ecole professionnelle de la Société industrielle de Mulhouse, fondée en 1854, qui délivre un cer-

---

(1) MORIN (A.), TRESCA : De l'organisation de l'enseignement industriel..., op. cité, (1862).

(2) DUPASQUIER (L.) : Cours de dessin professé à l'Ecole la Martinière, LYON, PERRIN, 2e éd., 1852.

tificat d'aptitude pour l'apprentissage après trois années d'études (150 heures de dessin), la formation pouvant être poursuivie sur un second cycle de trois ans avec mécanique et dessin de machines. La " Maison pour les apprentis " de Nancy, basée sur le modèle des cayennes compagnonniques, l'Ecole des conducteurs gardes-mines de Saint-Etienne ; et bien d'autres Ecoles, souvent issues d'un besoin local (horlogerie, à Morteau, montage des métiers à filer à Reims, bimbeloterie et tabletterie dans les Vosges, etc...), dont on trouve l'énumération dans les différentes enquêtes sur l'enseignement technique et professionnel (DUPIN, AUDIGANNE, MORIN et TRESCA), sans détails significatifs sur les programmes, sauf que tous font une large place au dessin.

Les écoles d'entreprises : les Ecoles SCHNEIDER

Sous l'influence des besoins en main-d'oeuvre, parfois dans un but philantropique, mais aussi pour s'attacher un personnel imprégné de " l'esprit de la maison ", de nombreux chefs d'entreprises se préoccupent du logement, des activités extra-professionnelles et de l'éducation des enfants de leurs employés.

A Guebwiller, les Etablissements J.J. BOUCARD offrent gratuitement aux ouvriers une bibliothèque de lecture, des leçons de géométrie de dessin linéaire et de machines. Cette réalisation est souvent citée comme l'une des premières du genre, mais il ne s'agit pas encore d'une véritable " Ecole d'entreprise ". Il semble que l'initiative en revienne aux frères SCHNEIDER qui, en prenant la direction du Creusot en 1837 (1), ouvrent une Ecole communale et industrielle pour les 300 enfants de l'agglomération ouvrière, jusqu'alors sans école primaire. L'année suivante, il est précisé que : " Messieurs SCHNEIDER, propriétaires des usines du Creusot, voulant témoigner aux ouvriers attachés à leurs Etablissements toute leur sollicitude pour leur bien-être et celui de leurs familles, ont résolu de fonder :

1° une caisse de prévoyance,

2° une Ecole primaire pour les enfants et une Ecole supérieure pour les jeunes gens, appropriée aux différentes industries de l'Etablissement " (2).

Vingt ans plus tard, la structure a évolué et recouvre trois niveaux : l'Ecole de base ou principale qui, de 7 à 16 ans, donne un enseignement spécial qui ajoute au programme normal de l'instruction pri-

---

(1) Cf. supra, première partie, pages 108-111.

(2) ANONYME : Les Etablissements SCHNEIDER, les Ecoles, PARIS, LAHURE, 1912.

maire, des cours d'arithmétique, de comptabilité, de dessin, de géométrie descriptive, de mécanique, de physique et de chimie. L'Ecole secondaire, payante, prépare aux arts et métiers et " forme les comptables et employés qui constituent l'une des forces de l'usine ". Enfin, les cours d'adultes, créés officiellement en 1841 mais qui semblent avoir fonctionné dès 1836 (1), sont ouverts trois fois par semaine. L'accent est mis sur l'enseignement intensif de la géométrie descriptive, très nécessaire aux ouvriers d'une usine travaillant la grosse tôle ; on y enseigne aussi le calcul, la géométrie, la chimie, la géographie, l'histoire, etc... Plus tard, des cours d'anglais seront offerts aux ouvriers qui doivent aller faire des stages en Angleterre, car l'ambition de SCHNEIDER était " d'égaler sinon de surpasser l'Angleterre " dans le domaine de l'industrie lourde. Pour cela il fallait, toujours d'après SCHNEIDER, " une instruction pratique poussée et de la perfection dans l'exécution ".

En 1857, six élèves des arts et métiers, anciens élèves du Creusot, sont recrutés comme professeurs d'ateliers spéciaux où, deux fois par semaine, les ouvriers viennent suivre un enseignement pratique selon leur profession. On enseigne aussi le dessin de machines appliqué au métier. Les élèves ne dessinent que d'après les pièces réelles qu'ils sont appelés à fabriquer, l'étude fonctionnelle et la cotation raisonnée sont faites en commun. La méthode est assez remarquable puisqu'elle sera primée à l'Exposition de 1867.

En 1912, la structure s'est encore compliquée. Les Ecoles SCHNEIDER constituent un réseau complet d'enseignement. La sélection est sévère, mais à chaque niveau de sortie correspond un poste dans l'entreprise ; le dernier niveau étant celui d'ingénieur-maison ou d'entrée dans les grandes Ecoles. " Aucune réclamation ne s'est jamais produite, écrit CHEYSSON (2), contre ces inégalités de situation que tous s'expliquent par la différence du travail et du mérite. Ce régime n'a pas eu seulement pour effet d'encourager les efforts des enfants, il a en outre puissamment contribué à inculquer dans tous les esprits le respect de l'autorité, en montrant qu'elle est confiée aux mains les plus capables. Il a enfin servi à effacer au Creusot ces démarcations de classes, qui ne correspondent plus à rien de réel et qui provoquent toujours de légitimes susceptibilités ".

---

(1) Cf. supra, première partie, page 111, référence à l'album des travaux d'élèves de 1835 à 1836.

(2) CHEYSSON (M.E.) : Le Creusot, condition matérielle, intellectuelle et morale de la population, PARIS, s. éd., 1869, B.N. 8° L 1757.

Les Ecoles techniques SCHNEIDER se sont maintenues jusqu'aux environs de 1950, date à laquelle elles ont été remises à l'Education nationale.

Les Ecoles municipales

Bien avant que la loi sur l'apprentissage de 1851 ne les y incitât officiellement, certaines communes, désireuses de venir en aide aux enfants qui quittaient l'Ecole primaire, souvent très tôt, pour entrer en apprentissage ou travailler chez leurs parents, ouvrent des cours du jour ou du soir. Le noyau de l'enseignement, et souvent l'unique matière enseignée, est le dessin.

TUDOT, peintre et directeur de l'Ecole municipale de dessin de Moulins, se propose de donner " un enseignement spécial du genre dessin le mieux approprié à l'industrie la plus importante de la localité " (1). Nous avons déjà signalé précédemment quelques traits du cours de dessin industriel de TUDOT. Dans son introduction, l'auteur dit quelles difficultés il rencontre pour faire dessiner 100 à 120 apprentis de spécialités très diverses. C'est pour cela qu'il a préparé de son mieux une collection de modèles, accompagnée de questions et réponses " à savoir de mémoire ", et qu'il pratique l'enseignement mutuel. De plus, il a jugé bon de demander aux maîtres des apprentis de participer à la correction des travaux. Cependant, si le nombre des élèves excédait 120, il serait bien aise d'avoir un adjoint, ce que semble avoir accepté la municipalité de Moulins, puisque cette classe est inscrite dans le règlement de l'Ecole que TUDOT reproduit in extenso. Les cours ont lieu de midi à deux heures, jeudis, dimanches et jours fériés exceptés, du 1er novembre au 31 juillet ; ils sont ouverts à tous les enfants ayant au moins 10 ans révolus, l'attestation d'apprentissage n'est pas exigée. L'achat du matériel personnel est à la charge de l'élève. Chaque année a lieu un concours doté de médailles. La durée d'un cycle est d'un an, soit 300 heures, mais l'élève peut revenir plusieurs années de suite pour aborder différents thèmes (six en tout) soumis au concours.

Telle est, à titre d'exemple, l'organisation d'un cours municipal public, mais il existait aussi des Ecoles privées de dessin, héritières ou continuatrices des Ecoles de dessin d'avant la Révolution. Comme l'Ecole royale de BACHELIER qui se continua jusqu'en 1877, sous les noms d " Ecole gratuite de dessin et de mathématique en faveur des arts mécaniques " et d " Ecole royale et spéciale de dessin ", avant de deve-

---

(1) TUDOT (E.) : Eléments de dessin industriel formant un cours de dessin linéaire et de tracé géométrique (texte et atlas), PARIS, CARILIAN-GOEURY, 2e éd. 1842.

nir l'Ecole nationale des arts décoratifs (1).

Les Ecoles de dessin de Paris en 1863

En 1863, dans le cadre de l'enquête demandée par Napoléon III pour " examiner si l'enseignement professionnel, tel qu'il est appliqué en France, répond suffisamment aux nécessités nouvelles de l'Industrie ", BARDIN (2) analyse la situation des Ecoles de dessin ouvertes aux ouvriers et apprentis à Paris. Il recense :

- 15 Ecoles tenues par des religieux avec 893 élèves, à raison de 5 jours par semaine, de 8 à 10 heures du soir ;
- 18 Ecoles privées laïques avec 1225 élèves, à raison de 3 jours par semaine, de 8 à 10 heures du soir ;
- 6 Ecoles subventionnées pour les hommes, avec 400 élèves, ouvertes tous les soirs de 7 à 10 heures ;
- 7 Ecoles subventionnées pour les demoiselles, avec 314 élèves, à raison de 3 jours par semaine, de 1 à 4 heures (3).

Quelques Ecoles mises à part, le tableau que trace BARDIN est navrant : les maîtres sont incompétents, les locaux loués ou prêtés par les mairies sont inadaptés et mal éclairés, malgré les subventions, la plupart des élèves doivent payer. Il n'est pas étonnant dans ces conditions que l'absentéisme sévisse. Là où l'on attend cent élèves, il en vient dix. Les maîtres se plaignent d'avoir des auditoires fugitifs et disparates, ce qui rend impossible un enseignement suivi, mais les ouvriers et apprentis retorquent qu'ils voudraient apprendre le dessin en relation avec leur métier et ce qu'ils font à l'atelier. L'élève sait à peine dessiner un triangle ou un carré, constate BARDIN, qu'on lui fait copier une locomotive, comme si cela pouvait être d'une quelconque utilité pour un apprenti du Faubourg Saint-Antoine.

---

(1) BRISSON : Discours prononcé à la distribution des Prix de l'Ecole royale gratuite de dessin et de mathématiques en faveur des arts mécaniques, PARIS, s. éd., 1824, Brochure B.N. Vp 1582. Cf également LEON (A.) : La Révolution..., op. cité, (1968), p. 245.

(2) BARDIN (G.) : Mémoire sur l'enseignement du dessin dans les Ecoles municipales d'enfants, d'apprentis et d'ouvriers de la ville de Paris et sur l'organisation de cet enseignement, ORLEANS, COLAS, 1863.

(3) On y apprenait la décoration sur étoffes, papiers peints, éventails, tabatières, etc... La première de ces Ecoles semble être celle fondée par Mme. FRERE-MONTIZON, en 1803.
FRÈRE-MONTIZON (Mme.) : Discours prononcé le 1er messidor an XI dans une des salles du onzième arrondissement, PARIS, BAUDOIN, Brochure B.N.

Même les Ecoles naguère fondées par les frères DUPUIS ou LEQUIEN père et fils ou encore par CAILLOUETTE, qui eurent leurs jours de prospérité, font l'objet de vives critiques. Les travaux des élèves rassemblés pour l'Exposition de Londres, en 1862, sont d'une totale médiocrité, seule l'Ecole de la rue du Bac obtient une mention. Le fait est confirmé par FOUCHÉ (1) qui a " constaté avec peine (lors de l'Exposition) que tout ce que (l'on) a pu dire est pleinement confirmé... Toutes ces copies attestent en même temps et l'ignorance profonde des élèves et la voie fausse dans laquelle on les fait marcher ; et, cependant, que de patience, que de travail, que de temps et d'argent dépensés pour un aussi faible résultat ".

Les conclusions de BARDIN ne remettent pas en cause l'utilité des Ecoles de dessin. " Ceux qui croient avec nous que l'organisation des Ecoles spéciales de dessin est indispensable, ne s'appuient pas seulement sur l'état d'impuissance de toutes celles qui existent aujourd'hui, mais aussi sur les besoins de plus en plus pressants pour toutes les industries, d'avoir des contremaîtres instruits et des ouvriers capables ". Il préconise donc une refonte administrative et des améliorations pédagogiques. FOUCHÉ va un peu plus loin en demandant que les professeurs fassent un cours et ne se contentent plus de faire copier. Mais la véritable critique, qu'avait déjà faite MORIN (2), c'est qu'il devenait impossible d'enseigner le dessin sans enseigner la construction. " Les principales règles du calcul seraient... le résultat le moins problématique des premiers exercices que nous aurions à recommander ".

Il fallait pour cela d'autres contenus et des professeurs formés, ce qui ne sera fait, pour les apprentis faisant leur apprentissage en situation, que bien plus tard, après la loi ASTIER de 1919, suite aux nombreux projets préalables dont celui de 1905, visant à faire donner aux apprentis travaillant à l'atelier une " formation méthodique et complète ". Encore y a-t-il toujours des différences marquées entre l'esprit et même la lettre de la loi et son application, entre l'esprit d'un enseignement et la façon dont il est distribué. Il y a à peine quinze ans, il nous a été donné de visiter des cours professionnels pour apprentis où des élèves " loi ASTIER ", assis sur les bancs incommodes d'une quelconque salle de classe d'école primaire de quartier, recopiaient pa-

---

(1) FOUCHÉ (J.) : De l'enseignement oral du dessin industriel..., op. cité, (1863).

(2) MORIN (A.), TRESCA : De l'organisation de l'enseignement..., op. cité, (1862), p. 27.

tiemment des " bleus " insipides sous l'oeil indifférent d'un inatituteur en retraite (1). C'était exactement la scène qu'un siècle plus tôt BARDIN trouvait déjà contraire " au bien-être du peuple et à l'honneur du pays ".

L'Ecole de dessin du Conservatoire des arts et métiers

Les Ecoles de dessin n'avaient pas pour finalité de former des dessinateurs, la priorité accordée au dessin tenait à l'importance qu'on lui donnait comme moyen de culture technique complémentaire d'une formation pratique acquise en situation. La formation des dessinateurs en titre se faisait dans les bureaux de dessin comme celle des constructeurs, à moins qu'ils ne soient formés dans les quelques Ecoles d'ingénieurs (Ecole centrale, arts et métiers, ou Ecoles spéciales militaires). L'institution, appelée " Ecole de dessin du Conservatoire " puis " Petite Ecole ", à partir de 1817, a ceci d'original qu'elle vise à former des constructeurs en milieu scolaire. A ce titre, cette Ecole s'apparente aux actuelles Ecoles de dessin privées qui forment encore des dessinateurs d'exécution et de bureau d'étude (à Paris : Ecole technique de dessin de Saint-Maur, E.P.D.I. de la rue de Saint-Maur et de la rue Darbois) et aux sections préparant aux C.A.P. de dessinateur et aux baccalauréats de dessinateur en construction dans nos Collèges et Lycées techniques.

Au moment du transfert du Conservatoire dans ses locaux de la rue Saint-Martin, CHAPTAL, ministre de l'Intérieur, exprime le souhait que cet établissement, " pour répondre à l'attente de la France et aux vues du Gouvernement, soit un foyer d'instruction qui puisse se répandre sur tous les points de la République " (2).

Le 17 avril 1799, BEUVELOT, " dessinateur du Conservatoire (CECILE étant dessinateur auxiliaire), présente un programme d'enseignement portant sur : principes d'architecture et distribution des bâtiments, construction de machines simples et de machines composées d'après le dessin, manière de dessiner les machines et lavis des plans. Jusqu'à 1806, cet enseignement ne semble pas avoir attiré un grand nombre d'élèves, mais en 1806 le recrutement est étendu " à tout l'Empire, particulièrement à la classe ouvrière, sur la présentation des maires et des préfets " (2).

---

(1) En 1960, à Lyon dans un cours de la Société d'enseignement professionnel du Rhône.

(2) ANONYME : Cent-cinquante ans de Haut Enseignement technique au Conservatoire national des arts et métiers, s. éd., 1970, pp. 13-16.

L'Ecole de dessin du Conservatoire connaît un grand développement entre 1806 et 1819. Les programmes sont exclusivement centrés sur la construction des machines et les matières s'y rapportant, y compris " la bibliographie des machines " (?), mais nous n'avons pas les horaires. Nous avons retrouvé, dans les dessins non classés du fond du Conservatoire, quelques croquis cotés qui sont des relevés de machines exposées dans les salles. C'est probablement à partir de ces croquis que les professeurs, comme LEBLANC, mettaient au propre, avec l'aide de leurs élèves, les très nombreuses planches dont nous avons déjà parlé (1). HUGUET (2) rappelle que " plusieurs grands industriels " (dont J.E. SCHNEIDER) sont sortis de cette Ecole ".

Bien qu'elle n'ait été officiellement fermée qu'en 1874, la Petite Ecole de dessin du Conservatoire connaît un net déclin après 1817, date à laquelle le Conservatoire devient un établissement d'enseignement supérieur et se tourne vers " un enseignement public et gratuit pour l'application des sciences aux arts industriels ". C'est l'époque où le Conservatoire développe ses grands cours publics de dessin de machines avec DROMARD, CECILE, LEBLANC (6 heures par semaine), de mécanique avec DUPIN, d'économie industrielle avec J.B. SAY, de physique appliquée aux arts avec PAUILLET, etc... ; cours dont la tradition se continue de nos jours au Conservatoire, dans les Centres associés et par le truchement de la télévision.

Les Sociétés d'enseignement

Animées par un vif désir d'être utiles au peuple et quelques fois soutenues par une option philosophique ou religieuse, les Sociétés d'enseignement sont particulièrement actives dans la seconde moitié du XIXe siècle. L'une des plus anciennes (3) est la Société d'encouragement pour l'industrie nationale, créée en 1800, qui forme, en 1815, une association ayant pour objet " de rassembler et de répandre les lumières propres à procurer, à la classe inférieure du peuple, le genre d'éducation intellectuelle et morale le plus approprié à ses besoins ". Elle prend le titre de " Société pour l'instruction élémentaire ". Son programme est de fournir aux adultes des cours d'enseignement général et

(1) Cf. supra Première partie, page 91.

(2) MORIN (A.) : Catalogue des collections du Conservatoire des arts et métiers, notice historique de P. HUGUET, PARIS, GUIRAUDET, 1851.

(3) La plus ancienne semblant être l'Association philomatique de Bordeaux, fondée en 1808.

professionnel axés sur le dessin géométrique et la construction. De nombreux cours s'ouvrent à Paris sous l'égide de la section parisienne de cette Société et servent d'exemples aux villes de Nevers, Lyon, La Rochelle, Metz (1825-1829). Sous d'autres titres, des institutions identiques, ayant pour but " l'amélioration morale, intellectuelle et physique de la classe ouvrière ", sont créées à Mulhouse (1827) et à Nantes (1829), où les cours s'organisent autour l'ancienne Ecole de dessin. " L'Association royale de Saint-Joseph ", fondée en 1822, organise pour les ouvriers des cours du soir gratuits de grammaire, d'arithmétique, de chimie, de dessin linéaire, de sculpture et de dessin d'ornement, elle s'occupe aussi de procurer de l'ouvrage aux ouvriers sans travail (1).

En 1826, en ouvrant son sixième cours de mécanique et de géométrie appliquée aux arts au Conservatoire, DUPIN (2) présente une carte de la France ; il en souligne les zones sombres, celles où rien n'est fait pour l'instruction des ouvriers, mais les choses vont changer : " 98 villes vont rivaliser de zèle pour donner un nouvel enseignement à la classe industrieuse. Les anciens élèves de l'Ecole polytechnique professeront gratuitement le dessin linéaire, la géométrie et la mécanique appliquée ". Ce jour même (Le 30 novembre 1826), le directeur chargé des questions du Commerce et des Manufactures, vient d'informer DUPIN que 40 villes, ayant établi des cours à leurs frais, seront dotées de collections de modèles.

Ces mêmes polytechniciens fondent, en 1830, " l'Association polytechnique ". Leur première action est d'aller faire des cours aux ouvriers blessés lors des Journées de juillet. Les cours publics, ouverts gratuitement grâce aux cotisations des membres, sont destinés à " répandre, parmi les classes laborieuses, les premiers éléments des sciences positives, surtout dans leur partie applicable " et comprennent naturellement le dessin linéaire et la construction des machines. Après une suspension, en 1831, pour avoir mêlé de la politique aux leçons de

---

(1) Les renseignement sur les Sociétés sont issus des études de :

POMPÉE (Ph.) : Etude sur l'éducation professionnelle en France..., op. cité, (1863).

AUDIGANNE (A.) : L'enseignement industriel en France..., op. cité, (1851).

PELLISSON (M.) : Les oeuvres auxiliaires et complémentaires de l'école en France, PARIS, IMP. nationale, 1903.

(2) DUPIN (Ch.) : Discours d'ouverture du cours d'ouverture de M. le Baron Charles DUPIN. Discours du 30 nov. 1826 sur l'effet de l'enseignement populaire de la lecture, de l'écriture et de l'arithmétique, de la géométrie et de la mécanique appliquées aux arts (6e cours) (1826), Brochure B.N. R 34542.

" Droits et Devoirs " et " Philosophie pratique ", l'Association polytechnique reprend ses cours sur deux ans en donnant, la première année, des éléments d'arithmétique, de géométrie et de dessin et, en deuxième année, la géométrie descriptive, la coupe des pierres et la charpente, la mécanique, la physique, la chimie et le dessin des machines.

Les auteurs de l'incident de 1831, exclus de l'Association, fondent " l'Association pour l'instruction gratuite du peuple ". D'après GUINOT (1), " l'organisation de cette Société était toute militaire et semblait plus établie en vue d'une insurrection militaire que d'un enseignement professionnel sérieux ". Interdite pour avoir participé à l'insurrection des 5 et 6 juin 1832, reconstituée sous le nom " d'Association libre pour l'éducation du peuple ", elle est définitivement dissoute en 1834.

Vers 1840, plusieurs Sociétés laïques d'instruction populaire voient le jour dans différentes villes de province, puis, en 1848, " l'Association philotechnique " est créée à partir d'une scission des membres non polytechniciens de l'Association polytechnique. Leurs cours se veulent plus pratiques que ceux des polytechniciens. Vers 1850, ils comptent 36 cours de dessin industriel, modelage, mécanique et machines recevant environ 500 auditeurs hommes et femmes. En 1864, c'est " l'Association d'enseignement professionnel du Rhône " qui est fondée à Lyon. Les Universités populaires, fondées à partir de 1848, sont à signaler, bien que leur programme soit très général, ainsi que les Ecoles syndicales (après 1864).

Le décret du 18 janvier 1895, relatif à l'établissement des cours d'adultes subventionnés, vient mettre de l'ordre dans ces organisations dont certaines, comme l'Association polytechnique ou la Société d'enseignement professionnel du Rhône, ont encore une activité de formation d'adultes et d'apprentis.

D'après PELLISSON (2) on comptait, en 1837 : 1586 cours d'adultes et d'adolescents dans toute la France, avec 36 964 auditeurs et auditrices ; en 1869 : 28 172 cours et 80 000 auditeurs, et en 1903 : 44 428 cours avec 575 000 auditeurs.

---

(1) GUINOT (J.P.) : Formation professionnelle..., op. cité, (1946 ?), p. 91.

(2) PELLISSON (M.) : Les oeuvres auxiliaires..., op. cité, (1903). Ces chiffres semblent être cumulatifs, ils sont à prendre avec réserve, d'autres auteurs citant des chiffres nettement différents. (Cf. PROST, page 311).

La formation des professeurs

A l'origine, les professeurs de dessin sont des anciens élèves des Académies et des Ecoles de dessin, des architectes, des ingénieurs des arts et manufactures, des polytechniciens, et, à partir de 1850, des anciens élèves des arts et métiers dont AUDIGANNE dit déjà qu'ils pourraient faire de bons professeurs de dessin industriel après un stage pédagogique. En 1862, MORIN, énumérant les techniciens susceptibles d'enseigner le " dessin graphique ", cite " les ingénieurs, les dessinateurs de machines, les industriels instruits, quelques contremaîtres qui ont acquis, dans les Ecoles spéciales, un certain degré d'instruction dans les sciences mathématiques et physiques ; les garde-mines, et la plupart des conducteurs des ponts et chaussées (...) qui paraissent répondre aux conditions à satisfaire , car pour enseigner, il faut savoir et, pour comprendre un programme et l'exécuter, il faut avoir vécu de la vie qui rend ce programme nécessaire (1).

Le défaut de ces professeurs d'occasion et de bonne volonté est qu'ils n'ont reçu aucune formation et ne savent pas faire une leçon (2). POMPEE demande que des Ecoles normales industrielles soient ouvertes pour former les professeurs de dessin. Cette demande correspond à une nécessité tellement criante, qu'en 1881 une Ecole supérieure du travail manuel, fondée à Paris, accueille, pour les former, les premiers professeurs techniques (3) puis, en 1891, une section normale est rattachée à l'Ecole des arts et métiers de Châlons. La formation dure deux années. Il y a cinq candidats la première année, puis huit la seconde. En 1912, une Ecole normale autonome est créée à Paris, elle deviendra, en 1934, l'Ecole normale supérieure d'enseignement technique.

En 1940, s'ouvre rue Darreau un Centre de formation professionnelle pour les moniteurs des Chantiers de jeunesse qui deviendront, en 1944, des Centres d'apprentissage. La formation des professeurs est alors confiée aux Ecoles normales d'apprentissage, créées en 1945.

---

(1) MORIN (A.), TRESCA : De l'organisation..., op. cité, (1862), p. 29.
(2) HERMANT (A.) : De l'influence des arts du dessin..., op. cité, (1857).
(3) QUEF (P.) : Histoire de l'apprentissage..., op. cité, (1964), p. 175.

C - ESSAI DE CLASSIFICATION DES DOCUMENTS GRAPHIQUES ET TECHNIQUES ET REFLEXION SUR LEUR SIGNIFICATION

I - ESQUISSE D'UNE TYPOLOGIE

" L'étude du monde des images en est à son début : celui des classifications, des mises en ordres, des typologies, ... ". Comme nous y incite MOLES (1), c'est par ce biais que nous aborderons la troisième partie de notre étude introductive à une sémiologie du graphisme technique.

Donc, pour un produit industriel qu'il s'agit de concevoir, agencer, définir, spécifier, fabriquer, contrôler, vendre, transporter, installer, entretenir, démonter, remonter, on trouve une constellation de documents, le plus souvent graphiques, réunis ou réunissables en liasses dont les principales sont, pour un produit des fabrications mécaniques, et dans l'ordre d'exécution :

1 - la liasse des documents d'étude et de conception (cf. notre thèse de 3e cycle) (2),
2 - la liasse des documents donnant la structure de l'ensemble et sur lesquels apparaissent les cotes fonctionnelles exprimant les relations entre les surfaces fonctionnelles,
3 - la liasse des documents définissant totalement chaque pièce constitutive et servant de référence avant fabrication et au contrôle après fabrication,
4 - la liasse des documents de fabrication donnant les renseignements nécessaires à l'exécution de chaque phase de la fabrication,

---

(1) MOLES (A.) : Image et communication visuelle, document manuscrit, page 5.
(2) DEFORGE (Y.) : La genèse des produits techniques, op. cité, (1970).

5 - les dessins de montage, d'entretien, de catalogue, de publicité, de brevet, etc...

Ne serait-ce que parce qu'ils émanent de " bureaux " différents, ces cinq types de dessins constituent déjà des catégories bien tranchées.

Nous avons de plus introduit, au commencement de cette étude, quant à la dernière catégorie, une distinction entre les représentations graphiques qui s'insèrent par destination dans la longue chaîne qui va de la conception à l'exploitation du produit et celles qui, illustrant, complétant ou remplaçant un texte, ne sont pas expressément destinées à la fabrication. Par exemple, la brochure sur le circuit hydraulique de la DS 19 (1) comporte 39 planches de figures dont certaines sont des dessins techniques simplifiés ou des dessins techniques normalisés réutilisés à des fins illustratives et explicatives. Le catalogue des quelques 2 500 pièces de rechange de la RENAULT R 1130 (2) est composé de 150 pages de dessins perspectifs dont la destination n'est pas de permettre la fabrication, le montage, le contrôle ou la réparation. Ce sont des figures de catalogue comme la plupart des représentations graphiques (dessins ou photos), servant de support à des numéros de référence. Les figures de brevet qui ne doivent comporter aucune note ni écriture, mais seulement des renvois à un texte dont la rédaction répond à un formalisme pointilleux, sont justement destinées à ne présenter que les renseignements strictement nécessaires à la compréhension du principe en évitant au maximum tout ce qui pourrait aider le contrefacteur (3). Fig.105

Malgré l'éviction des figures illustratives, l'hypothétique rassemblement dans une graphothèque technique des liasses constituant la " mémoire " de tout ce qui se conçoit et se construit pose un problème de classement. Le premier impératif pour maîtriser la diversité des produits et des représentations graphiques est d'affecter chaque document à une classe définie par un jeu limité de propriétés caractéristiques relatives au produit (caractéristiques du domaine renseigné) ou au dessin lui-même (caractéristiques iconiques) et d'attribuer, à chaque classe, un symbole ou jeu de symboles signifiants, permettant de retrouver facilement le document cherché, quelle que soit la classe considérée.

---

(1) CITROËN (Sté) : L'hydraulique de la DS 19, 1960, et additif à la brochure L'hydraulique de la DS 19, 1963.

(2) RENAULT (R.N.) : R 1130, catalogue des pièces de rechange PR 700, R.N.U.R., s.d.

(3) INSTITUT NATIONAL DE LA PROPRIETE INDUSTRIELLE : Guide du déposant, PARIS, Imp. Nale, 1965.

1 - CLASSIFICATION D'APRES LES PROPRIETES CARACTERISTIQUES DU DOMAINE RENSEIGNE

Un produit industriel existant est pourvu de propriétés intrinsèques : étendue, volume, couleur, masse, matière constitutive, formes, structure (agencement des organes), logique (agencement des sous-fonctions), etc... qui le caractérisent géométriquement, physiquement, technologiquement, structurellement, fonctionnellement. Pour obtenir une copie ou réplique du produit, au fur et à mesure du besoin et selon son plan de travail, l'exécutant interroge l'original au sujet de telle ou telle propriété et la reproduit sur la copie. L'original joue le rôle de modèle de référence, mais il ne dit pas comment il faut faire pratiquement.

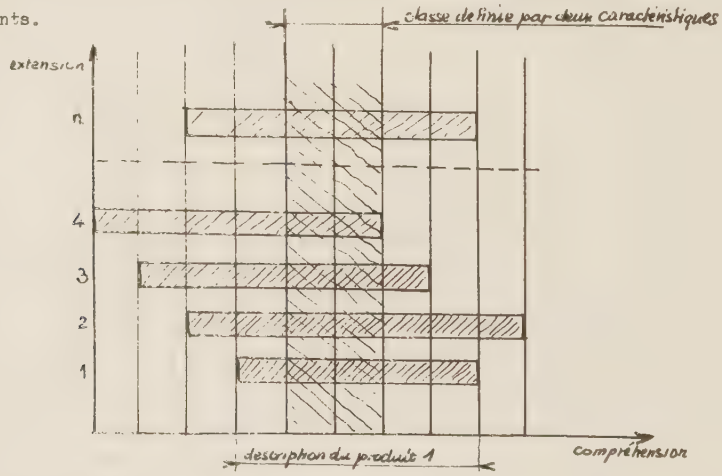
Quand l'original est inaccessible ou quand le produit n'existe pas encore et que l'exécutant n'est pas le concepteur détenteur du projet, il devient nécessaire de construire un modèle intermédiaire présentant ou re-présentant les propriétés caractéristiques de telle manière qu'elles soient aussi facilement que possible transférables sur la réplique. Si le modèle intermédiaire est porteur de tous les renseignements nécessaires et suffisants à l'obtention d'une réplique analogue en tout point à l'original (aux incertitudes de mesure et dispersions à l'exécution près) , chaque renseignement devient une instruction - un ordre (au sens de commandement) - pour l'exécutant. Que l'exécutant établisse lui-même son programme ou que les renseignements lui soient présentés dans un ordre temporel correspondant à une méthode préétablie, les modes de présentation des renseignements font une place importante au graphisme et, en particulier, au dessin technique. C'est à ces modèles graphiques intermédiaires que nous consacrerons cet essai de classification, laissant de côté les modes de présentation des renseignements adaptés à la machine, qu'il s'agisse de la commande directe de la machine à commande numérique par instructions codées en " langage machine " ou d'une transcription du renseignement graphique sur des gabarits en volume ou en plan, des cames, des butées, des règles à taquets, des matrices à diodes, etc..., transcription rendue nécessaire par la nature de la machine mais n'éliminant pas le recours au modèle graphique intermédiaire.

Quand le modèle intermédiaire ne retient que certaines propriétés caractéristiques, l'exécutant doit procéder à un investissement personnel complémentaire. Les renseignements sont nécessaires

et encore suffisants si le couplage modèle intermédiaire - exécutant restitue la totalité des renseignements. Dans le cas contraire, la réplique ne peut être exécutée ou elle n'est pas identique à l'original dans ses détails, ni même parfois dans sa fonctionnalité. Enfin, s'il s'agit de décrire ou de caractériser l'original indépendamment d'une visée de reproduction, seules certaines propriétés caractéristiques sont retenues et présentées sur des modes divers.

En somme, chaque produit peut être situé en extension par un repère ordinal et en compréhension par un jeu de propriétés caractéristiques. L'ensemble des caractéristiques qui lui sont propres constitue une description du produit. Un jeu restreint de propriétés caractéristiques pertinentes donne une définition de la classe. Cf.Fig. ci-dessous

Contrairement à un texte écrit où la matière s'organise linéairement et hiérarchiquement (1), la présentation graphique, si elle est issue d'une réflexion fortement articulée et argumentée, n'en garde pas trace dans son état visible. La présentation graphique autorise le libre accès aux renseignements, sans qu'il y ait obligatoirement lieu de distinguer des prémisses et des conclusions. C'est l'utilisateur qui réintroduit un ordre temporel (l'ordre de fabrication) ou une hiérarchie fonctionnelle dans les renseignements à disposition, à moins que cet ordre ne soit déjà inscrit dans la succession des documents.



(1) EURATOM : Le système SYNTOL, étude d'un système général de documentation automatique, ronéoté, 1962.

Le problème se pose un peu différemment s'il s'agit de classer des documents graphiques. Seules quelques propriétés caractéristiques sont à retenir pour définir avec pertinence une classe d'êtres. Ces classes doivent être disjointes mais n'ont pas à être hiérarchisées a priori ; de plus, elles doivent toujours pouvoir s'augmenter de classes nouvelles. Par exemple, la classe des produits auxquels se rapportent les dessins groupés par " domaine technologique " , pour laquelle nous ne citons que huit rubriques, en comporte plus de cent dans la classification des entreprises françaises de l'I.N.S.E.E.

1 - Classes des produits par domaine technologique : Construction mécanique, construction métallique, construction électrique, bâtiment, menuiserie (bois), couture industrielle, métallurgie, cuirs et peaux, etc...

2 - Classes des produits par domaine d'application : Marine, aviation, chemin de fer, automobile, motocycle et cycle, engin de chantier, machine de transformation, machine-outil, outillage main, outillage machine, ustensiles, instruments, horlogerie, mécanique de précision, etc...

3 - Classes des produits par situation dans le cycle de production : Matériel d'extraction, de traitement et d'élaboration, d'obtention des produits bruts et semi-finis, d'usinage et de finition, de contrôle, etc...

4 - Classes des produits par dimensions, linéaires ou autres : Grosse mécanique, mécanique moyenne, mécanique de petit volume, pompe gros débit, débit moyen, faible débit, etc...

5 - Classes des produits par principes de fonctionnement : Mécanique, électrique, électro-mécanique, électronique, pneumatique, hydraulique, oléo-pneumatique, thermique, optique, etc...

6 - Classes des produits par nature des efforts : Statiques, dynamiques, continus, alternés, intermittents, cycliques, etc...

7 - Classes des produits par conditions d'emploi externes : Chaud, froid, au sol, au sous-sol, à haute altitude, atmosphère neutre, humide, tropicale, poussiéreuse, etc...

8 - Classes analytiques fonctionnelles (pour dispositifs cinématiques) : Production de mouvement, réception, transmission, transformation, utilisation, protection, liaison-maintien, guidage, etc... (1).

---

(1) MENIBUS (H. de) : Nomenclature de composition et nomenclature de fonction, PARIS, CEGOS, 1963.

ADDITIF A LA CLASSE " 13 "

Il existe un grand nombre de systèmes de classification formologique des pièces : BRISCH-COPIC, OPITZ, SUZLER, VETTER, etc... Suivant l'usage que l'on veut en faire, la classification met en vedette les formes, les usinages, les dimensions, les méthodes de fabrication, etc...

Toutes ces classifications se basent sur une analyse des produits que l'on veut classer et l'attribution de repères de classe principale et de classes complémentaires. On peut ainsi aller jusqu'à sept classes " horizontales " comprenant une dizaine de classes " verticales ". Plus la désignation codée est complexe, moins les classes sont compréhensives. C'est une loi générale. Certaines classes peuvent renvoyer à des tableaux dimensionnels ou des temps d'usinage (1).

---

(1) CETIM : Applications des groupements analogiques aux fabrications mécaniques, note technique n° 11, 1975.

9 - Classes analytiques par divisions organiques : Bâti, carter, engrenage, arbre, support, lubrification,etc...

10 - Classes analytiques par divisions organiques générales : Ensemble, sous-ensemble, élément de produit, etc...

11 - Classes des éléments de produits par matériaux mis en oeuvre : Fer, fonte, acier, non ferreux, plastiques, caoutchouc, tissus, cuir, bois, verre, etc...

12 - Classes des éléments de produits par mode d'obtention de l'ébauche et de la pièce finie :

. déformation à chaud : forge,estampage, matriçage,
. moulage : fonderie, métallurgie des poudres,
. déformation à froid : découpage, emboutissage,
. assemblage : soudure, collage, rivetage,
. usinage par enlèvement de matière : tournage, fraisage,...
. usinage par enlèvement de particules : étincelage,
. usinage par abrasion : meulage, rectification,
. traitements thermiques et de surface.

Ces classes par mode d'obtention que nous n'avons pas explorées d'une manière exhaustive ont été étudiées par LECOEUR (1) qui a établi une typologie des pièces mécaniques en vue de leur usinage. Par exemple, une pièce de la classe 3 a les caractères suivants :

. rigide,
. en matériau stable,
. avec forte surépaisseur,
. sans traitement thermique,
. terminée généralement à l'outil et localement par rectification.

13 - Classes des éléments de produits par formes générales : Parallélépipédique, cylindrique, cylindro-conique, sphérique, torique, etc... En chape, en bielle, en semelle, formes pleines, formes creuses, etc...

ge ci-contre>

J. KURTH (2) a expérimenté un système informatique de définition des éléments de produits par les formes et dimensions rapportées à trois axes de coordonnées X, Y, Z, dont l'origine se trouve en un point choisi arbitrairement sur la pièce.

---

(1) LECOEUR (E.) : Cours programmé de méthode, document autographe, 1964.

(2) KURTH (J.) : COMPAC, ein System zur rechnerorientierenden Werkstückbeschreibung, ZWF 68, 1972.

Les formes complexes sont définies par addition ou soustraction de cinq formes élémentaires ou par des profils (ou contours) répertoriés et pris en mémoire par l'ordinateur. Il en va de même des formes normalisées : rainures, cannelures, dentures, filetages, etc...

Un bout d'arbre à quatre cannelures se définit ainsi :
CYLPOL/ZAX, 40, 25, 18, 30 DIN 5471.

Un contour fermé " L " se déplaçant perpendiculairement à une ligne ouverte non rectiligne de longueur limitée (contour ouvert " B4 ") s'écrit :
PROFIL/CON L, CON B4.

Un tronc de pyramide à base carrée avec un angle abattu :
PIRREC/ZAX. CENTER, 18, 20-40-28, BEVELXLARGE YSMALL, 4.

Les valeurs numériques sont les cotes absolues rapportées au système d'axes de référence.

14 - Classes des éléments de produits par la qualité moyenne des spécifications dimensionnelles : Mécanique grossière (qualité 18 à 9), mécanique moyenne (qualité 8 à 7), mécanique de précision (qualité 6). Ces " qualités " sont les symboles de la valeur des tolérances dans le système international ISO.

15 - Classes des produits ou des éléments de produits par la localisation géographique : Matériel allemand, anglais, russe, etc... ou matériel pour l'Allemagne, l'Angleterre, l'U.R.S.S.

RENAULT distingue 28 classes de produits en fonction de leur pays de destination (variantes imposées par les normes de sécurité propres aux pays visés, le roulement à gauche, les conditions climatiques).

16 - Classes des produits ou des éléments de produits par la raison sociale de la firme prospective : R.N.U.R., S.N.E.C.M.A., etc...

Par combinaison des classes de firmes et des classes de destination, RENAULT propose sept allumeurs à monter sur son moteur N° 968003100 : SEV " étanche " " Benelux " (N° 854 9049), SEV " étanche " (N° 854 9872), SEV " Benelux ", SEV normal, DUCELLIER " Benelux " (N° 854 8085), et DUCELLIER " étanche " (N° 854 9046), DUCELLIER normal et trois dynamos : DUCELLIER (N° 854 8989), PARIS-RHONE (N° 854 9041), BOSCH " Grands froids " (N° 854 9620).

17 - Classes des produits ou des éléments de produits situés par rapport à une référence donnée : Haut, bas, droit, gauche, interne, externe, distant, contigu.

Symétrique, asymétrique, identique, différent, plus grand, plus petit, égal, équivalent sauf....

18 - Classes des produits ou des éléments de produits situés dans le temps institutionalisé : Date d'exécution, date des modifications, date d'annulation, numéro d'ordre, antérieur à, postérieur à, etc...

19 - Classes des produits ou des éléments de produits situés dans un temps relatif : Technologie futuriste, périmée, classique, esthétique, neutre, typique, atypique, résiduelle, surajoutée, etc...

20 - Classes des produits ou des éléments de produits par la normalité au sens du respect des canons de la construction : Surdimensionné, sous-dimensionné, cohérent, adapté, inadapté, antimécanique, etc...

Chacune des classes qui précèdent est définissable par une ou plusieurs propriétés caractéristiques symbolisées par des chiffres, des lettres, des signes verbaux ou graphiques.

1 - 1 Codes chiffrés et littéraux

Les classifications font généralement usage de signifiants numériques comme dans la classification décimale universelle, également utilisée par la normalisation (1), par la classification internationale des brevets d'invention par secteurs techniques et la classification nationale des produits (2) et par le plan de classement général de la documentation de la CEGOS (3), pour ne citer que les plus connues.

Les chiffres vedettes peuvent correspondre à un ensemble :

1 - carrosserie,
2 - châssis,
3 - moteur,
4 - suspension AV, essieu AV,
5 - suspension AR, essieu AR,
6 - boîte de vitesses, embrayage,
7 - direction (4),

... ou à toute autre classe prise parmi celles énumérées ci-dessus ou créées suivant les besoins : Matériaux (RENAULT), traitements de surface (SIMCA), poste d'usinage (CITROËN), de montage (AEROSPATIAL), de commande client, de variante, d'organe, etc... Ces chiffres se lisent

---

(1) AFNOR : Catalogue des Normes françaises, PARIS, AFNOR, 1969.

(2) ANONYME : Liste des classes de la classification internationale des brevets, Service de la propriété industrielle, PARIS, 1972.

(3) CEGOS : Document 940/D3/1158, PARIS, 1965.

(4) SIMCA : Numération des plans, B.E.O. mécanique, 1958.

généralement de la gauche vers la droite, mais certaines classifications dites " numériques terminales " doivent être lues en sens inverse. A ces repères numériques s'ajoute souvent le numéro d'ordre du dessin donné par l'inscription du dessin dans un " grand livre ", dans l'ordre chronologique d'exécution.

Les annulations, les modifications conduisant à des ajouts de pièces, le fait que les outillages portent généralement le même numéro que la pièce à laquelle ils se rapportent suivi d'un numéro propre à l'outillage, rendent cette désignation guère plus parlante qu'un numéro minéralogique quant à la marque de la voiture immatriculée. Seule une grande habitude permet de dire que tel numéro correspond à tel ensemble ou tel type de pièce.

Ainsi la liasse de la direction " MILL de 80 F.D.X.B. " des camions G.L.A., construits par BERLIET autour des années 50, comprend une centaine de plans : d'étude, d'ensemble, de détail, de gamme de fabrication, de montage d'usinage ; des fiches d'opération, des fiches suiveuses, etc... La numérotation va de 112803 à 117005. Le plan 116085 est le dessin de définition de produit fini de la vis sans fin, et les plans 116085 - 1, 2, 3, 4, 5... A, B, C, D, E..., sont ceux des montages d'usinage de cette vis. La gamme d'opérations ajoute au numéro 116085, 28 numéros consécutifs. Pour l'opération 116095-25, on voit qu'il faut travailler sur la rectifieuse REICHAUER et utiliser l'outillage suivant : appareil à tailler 113-381-4, palmer de contrôle 113-381-10, calibre 116-085-10. La fiche opération descend encore plus dans le détail en donnant les numéros des machines à utiliser (REICHAUER N° 1714) et toutes les valeurs de réglage.

Les symboles alphabétiques sont employés seuls, de la même façon que les chiffres, ou mélangés aux chiffres. Un démarreur BOSCH comprend 51 pièces repérées NMU 42-2X, NKE-2X, LJWC-16L-IIZ, NSR 5576-22X, etc... Les lettres et chiffres renvoient à une table de correspondance.

Les firmes FORD, CHRYSLER, SIMCA et leurs filiales ont adopté, voici quelques années, la classification UPG avec quelques aménagements suivant les technologies. Cette classification alphanumérique affecte un symbole fixe à chacune des 3000 pièces d'un véhicule automobile quel qu'il soit. Les classes sont délimitées arbitrairement et définies par une énumération de pièces.

"30" symbolise le " groupe motopropulseur " dont la définition serait difficile à cerner si le symbole n'était suivi de l'énoncé des sous-groupes (30 A, moteur) et des pièces (3 A01, bloc cylindre,

30A02, vilebrequin), etc..., qui entrent dans le groupe motopropulseur. Les critères de classes reposent ici sur les dénominations et les partitions habituelles dans le domaine automobile.

Pour conserver à la classification une certaine lisibilité immédiate, quelques firmes ont recours à des symboles permettant de désigner les ensembles ou les pièces par des repères lisibles et stables (classification TAYLOR-THOMPSON). Exemple : F. fabrication, P. prototype, O. outillage, M. moteur, T. tôlerie, B. boîte et pont, R. roulement, LC. pièce longue et cylindrique, LP. pièce longue et prismatique, etc... Mais les disponibilités en lettres significatives sont vite épuisées, et ce système est souvent réservé à des cas limités. Chez SIMCA, les pièces de couleur (tôlerie, garnitures) peuvent être livrées en 26 nuances qui sont repérées par une lettre de base (B. bleu, R. rouge, etc...) suivie d'une lettre de nuance. Le simple examen de ce groupe de deux lettres permet d'assortir les couleurs sur une même voiture (1).

1 - 2 Signes verbaux

Le recours à des signes verbaux, mots, expressions du langage naturel, conduit à une classification lexicale qui pose deux problèmes : celui du choix des termes à retenir pour exprimer les propriétés caractéristiques et celui du groupement de ces deux termes en classes, ou inversement, puisque nous avons énoncé un certain nombre de classes, celui de l'analyse de ces classes en unités linguistiques signifiantes, exprimant chacune des propriétés caractéristiques.

Les classes analytiques par divisions organiques : bâti, carter, arbre, poulie, palier, etc..., sont ici déterminées par le titre même du dessin qui renvoie à une classe d'êtres technologiques connue du récepteur dont les propriétés caractéristiques sont approxi-

---

(1) Le catalogue de 1902 des Usines BOUHEY dont il a été question dans la première partie de cette étude donne, en plus des caractéristiques techniques des quelques 350 machines présentées, le nom de code de chaque machine en vue d'une commande télégraphique. La clé du code n'est pas fournie, mais il est évident que les premières lettres ont trait au type de machine et les suivantes à ses caractéristiques dimensionnelles :
Classe des machines à fraiser universelles : ABA, B, C,...
Classe des machines à fraiser verticales : ABA, J, L, Q, R, RE, RN...
Les désinences pseudo-latines ou autres ont pour seul but de rendre le nom de code prononçable et mémorisable. Dans la classe des tours (4 sous-classes, 220 individus) on trouve des noms bizarres ou pittoresques : BAFETAS, BAFRANO, BAFRATUM... BAYADERE, BAZOUGONIS, BEATIFIANT, BEAUCENSIS.
BEATIFIANT et BEAUCENSIS sont des tours à forer les canons. BEAUCENSIS affiche les dimensions respectables de 42 m de longueur de banc.

mativement englobées dans le terme bâti, carter, etc... Il existe un consensus plus ou moins implicite - probablement illusoire et fugitif - sur la notion que sous-tend le terme et qu'une définition, au sens du dictionnaire, fixe sans rémission. Toujours est-il que toute pièce ayant les caractéristiques suivantes : pièce cylindrique, longue, avec généralement plusieurs diamètres étagés et des congés à la jonction de ces diamètres pour réduire les concentrations de contraintes, servant à transmettre un mouvement de rotation et matérialisant l'axe de rotation de pièces diverses, appartient à une classe d'êtres désignée par le terme d'" arbre ", parfois suivi d'un adjectif qui rappelle l'une ou l'autre des propriétés caractéristiques (arbre épaulé, étagé) et que ces expressions simples ou composées peuvent servir de base à une classification. C'est d'ailleurs ce qui se fait pratiquement dans les recueils scolaires où les titres : arbre, paliers, poulies, définissent autant de classes qui ne prêtent pas à contestation. Toutefois, le recours à la terminologie courante de l'industrie ne va pas sans difficulté quand la définition est imprécise. DINZIN (1) remarque que certains termes comme : industries mécaniques, industries chimiques, produits métallurgiques, etc...," ne désignent pas sans équivoque un groupe d'industries ou un groupe de produits déterminés, en d'autres termes si, étant placé devant une industrie ou un produit industriel, on est en droit d'hésiter quant à son appartenance à tel ou tel autre groupe d'industries ou de produits ".

" Si nous entendons par industries mécaniques, poursuit DINZIN, celles dans lesquelles les opérations sont purement mécaniques, nous sommes obligés de reconnaître qu'aucune n'a droit à cette désignation. Peu ou prou toutes les industries dites mécaniques comportent des opérations physico-chimiques telles que : décapage, trempe, cémentation, pour ne citer que les opérations les plus courantes. Si au contraire, nous entendons par industries mécaniques celles qui sont caractérisées par la prépondérance des opérations mécaniques, il serait normal que soient considérées comme telles les industries de la chaussure, du vêtement, du meuble, où presque toutes les opérations sont mécaniques. Ces contradictions ne sont pas les seules. En réalité on entend par industries mécaniques celles où l'on ne travaille que les métaux, et encore selon certains procédés, tels que par enlèvement de métal ou déformation. La fonderie semble en être exclue ; en tout cas, elle n'est pas unanimement admise parmi ce qu'il est conve-

(1) DINZIN (J.) : La classification actuelle des industries est-elle satisfaisante ? , sans réf., 1957.

nu d'appeler industries mécaniques " .

Il est certain que l'origine d'une bonne partie des termes de la terminologie industrielle remonte au début de l'industrialisation (fin du XVIIIe siècle, début du XIXe siècle) et sont des symboles de concepts flous ou périmés. Le concept " machine ", dont nous avons évoqué la genèse dans la première partie de cette étude, n'a jamais reçu de définition satisfaisante faute d'une entente sur les propriétés caractéristiques d'une machine. Au terme " tour " correspondait, il y a un siècle, un concept bien défini, inspiré par la configuration très typique des tours d'alors ; il n'en va plus de même aujourd'hui où, par une gradation insensible, on peut passer du tour horizontal au tour vertical puis à la perceuse. La classification des machines-outils de NF E60-001 est, à cet égard, très en retard sur l'évolution technique. La Commission Internationale de la terminologie et de la classification ISO/TC 37 a essayé de fonder une théorie de la terminologie et de la classification sur des bases scientifiques (1), mais n'a publié que quelques documents.

Un autre problème est posé par la classification des produits ayant tous les mêmes propriétés caractéristiques essentielles, mais qui sont susceptibles d'entrer dans des classes différentes du fait de la "taille dimensionnelle" (les nuances au sens de la normalisation) de ces propriétés. Par exemple, une classification des produits par les dimensions physiques repose sur une ou plusieurs des propriétés caractéristiques de poids, de volume, de moyen d'obtention, de dimensions linéaires, de précision des dimensions. L'affectation des produits (par leurs représentations graphiques) dans des classes comme celles de grosse mécanique, mécanique moyenne, petite mécanique de précision, etc..., rend nécessaire la fixation de limites chiffrées.

Si l'on considère les matériaux ferreux dont sont faits les produits comme susceptibles de constituer des classes et si les produits caractéristiques retenus sont la composition et la résistance à la rupture, le matériau, constitué par une combinaison de fer et de carbone (la teneur en carbone supérieure ou égale à 1,9 %) et ayant une résistance à la rupture par extension comprise entre 10 et 40 hectobars, entre dans la classe générale des fontes. Tandis que le matériau, constitué par une combinaison de fer et de carbone (la teneur en carbone est inférieure à 1,9 %) et ayant une résistance à la rupture par extension comprise entre 30 et 100 hectobars, entre dans la

---

(1) AFNOR : Observations du comité relatives aux principes de terminologie (d'après note U.R.S.S.), ISO/TC 37, doc. 28, 1955.

classe générale des aciers. Mais ces deux matériaux sont d'un emploi tellement répandu et varié que la pratique et la normalisation n'ont pas retenu les concepts dichotomiques qui ont encore cours en géographie économique (matériaux ferreux et non-ferreux, et, dans les ferreux, le " fer " et la fonte). A chaque matériau correspond un concept technologique distinct comme celui de la fonte malléable pour laquelle, dans les normes récentes (NFA 32-101 et 32-811), les propriétés caractéristiques essentielles sont : la structure interne, la valeur en hectobars de la résistance minimale à la rupture par extension et le pourcentage de la valeur de l'allongement après rupture, six " nuances " principales ont été retenues. Quant à l'acier non allié, naguère encore désigné par un terme unique suivi d'un qualificatif exprimant vaguement la " dureté " : acier extra-doux, très doux, doux, etc..., il est maintenant défini pour la classe A par une propriété caractéristique chiffrée : la résistance à la rupture (neuf nuances), pour les classes C et XC par la teneur en carbone, l'aptitude à la soudure, éventuellement, et un indice de pureté chimique (NF A02-001) ; d'autres classes mettent en exergue les propriétés caractéristiques d'aspect, d'aptitude à l'emboutissage, chimiques (corrosion), électriques (résistivité, perméabilité), etc...

1 - 3 Symboles graphiques

Nous avons un bon exemple de l'utilisation de symboles graphiques comme indicateurs de classe avec le petit tronc de cône qui doit figurer dans chaque cartouche près de l'échelle pour symboliser la méthode de projection adoptée. Ce symbole dont le signifiant est " dessin d'un tronc de cône en deux vues " et le signifié soit " méthode de projection européenne ", soit " méthode de projection américaine ", partage l'univers des dessins de corps projetés orthogonalement en deux classes disjointes. Ces symboles graphiques pourraient être plus répandus quand il s'agit de propriétés caractéristiques non dimensionnées (1). Par exemple, les classes de produits par la situation dans le cycle de production : matériel d'extraction, de traitement et d'élaboration, d'obtention des produits bruts et semi-finis, d'usinage, de contrôle, etc..., pourraient être symbolisées par des vignettes présentant graphiquement les propriétés caractéristiques de chaque classe, à condition qu'elles soient distinctement énoncées. Le catalogue des productions du C.R.D.P. de CAEN (2) fournit un

---

(1) CEGOS : Plan de classement formologique, Document 1422/D6/0460, PARIS, 1965.

(2) C.R.D.P. : Catalogue des productions du C.R.D.P., CAEN, 1973.

intéressant essai de classification par numéros et schémas. Le schéma rassemble graphiquement les propriétés caractéristiques essentielles d'une classe ; plus le schéma est abstrait, moins la classe est compréhensive et plus elle est susceptible d'englober d'individus, l'extension variant en sens inverse de la compréhension. Une classe " 118 " (118 étant un symbole codé du symbole graphique), symbolisée graphiquement par " une surface de pose à telle distance du sol " dont le signifié est " table ", englobe évidemment plus d'individus qu'une classe " 118 " symbolisée graphiquement par une surface de pose carrée, quatre pieds tubulaires, deux traverses et un barreau métallique. A la limite, le jeu des propriétés caractéristiques donne la description exhaustive d'un être unique. On retrouve alors le dessin d'un produit fini, seul représentant de sa classe, qui se définit dans son individualité, aux tolérances près (1), puisque toutes ses propriétés sont celles présentées par le dessin. Comme le remarque BAUDRILLARD, un tel classement n'est guère moins contingent que l'ordre alphabétique.

2 - CLASSIFICATION D'APRES LES TECHNIQUES DE PRESENTATION

En ne considérant plus le contenu technique, mais la façon dont sont présentés les renseignements, de nouvelles classes apparaissent et peuvent aussi intervenir dans une typologie du graphisme technique.

2 - 1 Classes fonctionnelles par l'emploi

Le vocabulaire courant du professionnel distingue les documents d'étude, de définition, de fabrication, de contrôle, avec quelques variantes suivant les corps de métier : plans de masse et d'implantation pour le bâtiment ; dessin d'implantation, plan de distribution, schémas explicatifs, fonctionnels, architecturaux, etc..., pour l'électricité (NF C 03-150).

MOLES ramène à quatre les types de schémas (schéma étant pris au sens général de substitut d'un réel), " qu'il s'agisse d'un

---

(1) C'est-à-dire, en ne comptant que pour un seul être tous ceux qui s'inscrivent dans les limites des tolérances.

être vivant, d'un central téléphonique, ou d'un moteur à explosion " (1).

1 - le schéma constructif,
2 - le schéma structurel,
3 - le schéma fonctionnel,
4 - le diagramme de fonctionnement (2).

Une classification similaire mais plus fonctionnelle fait ressortir qu'il y a des documents :

1 - pour définir,
2 - pour réaliser, Fig.
3 - pour expliquer, 189à193
4 - pour rendre intelligibles des relations idéales (2).

Nous avons donné, dans la première partie de cette étude (3), d'autres exemples de ces différents types de documents. On ne peut pas Fig. dire qu'il y ait une morphologie du document de définition qui le dis- 152à159 tingue radicalement du dessin de réalisation. C'est plutôt à partir des intentions de l'émetteur ou de la quête du récepteur que le partage se fait. La liasse de définition comprendra les notes de calcul, les croquis de conception, les épures, les dessins de définition de produit fini ; la liasse de réalisation, les consignes d'usinage, les dessins de phase et de sous-phase ; la liasse des documents pour expliquer, les dessins d'ensemble, de montage, d'entretien, les notices d'utilisation ; la liasse des documents annexes comprendra les diagrammes, les graphes d'agencement, etc... Si ces quatre classes sont assez compréhensives pour qu'on puisse y distribuer tous les documents produits ou utilisés lors de la génèse d'un produit technique, certains, remplissant plusieurs fonctions, ne trouvent leur place qu'à l'intersection de plusieurs ensembles ; par exemple : un dessin hybride pour définir et réaliser.

2 - 2 Classes formelles par degré d'abstraction

Elles sont issues de la notion de modèles. Les modèles vont de l'original au modèle mathématique en passant par la maquette (modèle

(1) MOLES (A.) : La création scientifique,.., op. cité, (1957), p. 93.
(2) On trouvera des exemples de ces différents types de documents aux figures repérées en marge.
(3) Cf. supra, première partie, pp. 129-138.

tridimensionnel), le dessin (tridimensionnel en puissance), le schéma (mise en valeur graphiquement de certaines propriétés : caractéristiques et abstraction faite d'autres, etc...), en découpant dans un continuum des classes arbitraires (1).

A. M. THIBAULT-LAULAN (2) donne dans son ouvrage une échelle d'iconicité attribuée à MOLES (schéma et schématisation n° 2) :

0 - l'objet lui-même,
1 - modèle tridimensionnel à l'échelle,
2 - schéma tridimensionnel réduit ou augmenté,
3 - photographie ou projection réaliste sur un plan,
4 - photographie détourée,
5 - schéma " éclaté ",
6 - schéma anatomique,
7 - schéma de principe,
8 - organigramme,
9 - schéma de formulation,
10 - schéma en espaces abstraits,
11 - schéma en espace purement abstraits et schéma vectoriel,
12 - description en mots normalisés ou en formules mathématiques.

Cette classification est surtout intéressante pour une iconothèque rassemblant toutes sortes d'images ; appliquée au graphisme technique, elle appelle la création de sous-classes, les classes 1, 2 et 3 se trouvant surchargées par la variété des maquettes, dessins projectifs, épures, etc....

Le Centre d'Etudes et Recherches Psychologiques de l'armée de l'Air (3) a proposé une classification suivant deux critères, donnant un découpage plus fin que le précédent. Le premier critère est celui de " forme ", au sens de représentation d'un réel et le second celui " d'organisation ", au sens d'agencement des parties d'un ensemble.

---

(1) DEFORGE (Y.) : Modèles, simulation et jeux dans l'enseignement technique, Recherche Pédagogique, n° 60, I.N.R.D.P., 1973.

(2) THIBAULT-LAULAN (A.M.) : L'image dans la société contemporaine, PARIS, DENOEL, 1971.

(3) COLLECTIF : C.E.R.P. Air : Définition d'un support technologique de l'enseignement des procédures de secours, Rapport final, fascicule 4, février 1971.

ORGANISATION	FORME		
	anatomie pure	anatomie simplifiée	symbolique
totale	A	B	C
partielle	D	E	F
non représentée	G	H	I

A ces neuf classes de représentations graphiques correspondent les définitions suivantes :

A - photographie ou dessin d'une coupe d'organe,

B - schéma de mécanisme montrant l'articulation et la disposition relative des différentes pièces entre elles,

C - schéma de principe où toutes les pièces sont représentées par des symboles,

D - dessin d'une coupe simplifiée où seuls les principaux organes sont représentés anatomiquement,

E - schéma par blocs donnant une idée des différentes pièces composant l'organe, les localisations et les connexions étant précisées, mais les pièces pouvant être représentées par les symboles,

F - croquis des principales pièces représentées par des symboles partiellement reliés par des connexions,

G - photographies ou dessins précis d'organes,

H - croquis de contour de l'organe,

I - dessin codé normalisé.

Les classes fonctionnelles (déterminées par le rôle que l'on fait jouer au document), où les classes formelles (déterminées par la structure du document) tiennent compte implicitement des réactions de l'utilisateur. Nous pensons que la valeur heuristique de la recodification graphique, défendue par MOLES (1) et CAUDES et MOLES (2), n'a pas de portée universelle ; la puissance du graphisme technique est fonction de facteurs psychologiques et culturels qui conditionnent la structure

(1) MOLES (A.) : La création scientifique, op. cité, (1957).

(2) CAUDES (R.), MOLES (A.) : Méthodologie, vers une science de l'action, PARIS, GAUTHIER-VILLARS, 1964.

des représentations mentales (1). Une classification apparemment très formelle, comme celle des schémas électriques que nous présentons à la suite, est en fait tributaire d'une option sur le fonctionnement de l'esprit d'un récepteur déterminé. De ces remarques se dégage une autre approche pour classer les représentations graphiques.

2 - 3 Classes formelles par caractéristiques modélisées

La surface de la feuille de papier permet d'ordonner visuellement des propriétés caractéristiques issues du réel : valeurs continues ou discrètes de grandeurs, séries " d'individus " : positions, états, objets, personnes ; suivant les deux dimensions de la feuille ou suivant les trois si l'on met en perspective les axes des coordonnées. Quelques artifices de présentation permettent, dans des cas particuliers, de relier trois ou quatre caractéristiques dans le plan (graphiques triangulaires, graphiques en carré).

Les graphiques (2) (3) se répartissent en trois grandes classes suivant qu'ils visualisent :

- une situation ou une structure à un moment donné (graphes et histogrammes),
- une évolution ou une variation, l'une des caractéristiques étant la durée (chronogrammes et stéréogrammes),
- une relation entre deux grandeurs caractéristiques (abaques et diagrammes).

Les matrices font apparaître des relations entre des individus placés en ligne et en colonne, une manipulation des composantes permet d'ordonner la matrice (diagonalisation).

Aux techniques de présentation des propriétés caractéristiques d'un modèle graphique ou matriciel pour rendre intelligibles certaines relations s'ajoute la faculté de jouer des variables visuelles : couleur, taille, valeur, grain, forme et orientation (4), qui facilitent l'émergence et l'appréhension des relations par l'observateur.

Les schémas techniques privilégient certaines propriétés caractéristiques d'un produit technique, statique ou cinématique, ou d'une installation de distribution de fluides. Les schémas donnent une sorte

---

(1) PIERON (H.) : Vocabulaire de la psychologie, PARIS, P.U.F., 3e éd., 1956.

(2) SIMERAY (J.P.) : Les graphiques au service de l'entreprise, PARIS, Ed. HOMMES ET TECHNIQUES, 1971.

(3) BERTRAND (R.) : Du graphique à coordonnées rectangulaires au graphique de GANTT, aux graphiques d'organisation et aux tableaux de planning, Technique, Art, Science, n° 131-132, sept.-oct. 1959, pp. 89-97.

(4) BERTIN (J.) : La graphique, Communication n° 15, 1970, pp. 169-185.

d'idéogramme représentatif des propriétés caractéristiques retenues et de leur association suivant une " loi de formation définie " (1).

Les niveaux de schématisation sont essentiellement variables : de l'hyper-réalisme à l'essentiel opératoire ; du dessin fouillé, ombré, colorié du XVIIIe siècle à la boîte noire des électroniciens, tout est possible. Nous avons vu que pour MOLES tous les dessins recodifiant le réel (peu ou prou) peuvent être appelés schémas ou, mieux; modèles schématiques, dans la mesure où, justement, le modèle est une construction portant sur certaines propriétés caractéristiques (pas toutes) de l'original. Par contre, les classes de schémas dépendent nettement du choix des caractéristiques : que ce soit des contiguïtés dans le respect des dimensions relatives (schéma technologique ou de construction) ; des contiguïtés sans respect des dimensions relatives (schéma organique ou de fonctionnement) ; des relations entre blocs fonctionnels (schéma fonctionnel ou de principe) ; de l'essentiel opératoire (boîte noire exprimant la relation entre une entrée et une sortie), ou de toute autre relation entre les composantes descernables d'un ensemble technique.

Par exemple, sur la figure citée en marge, on a, en haut de la colonne de droite, une photographie d'un distributeur qui ne présente guère que les propriétés caractéristiques de forme générale, d'aspect, de couleur. En dessous, on reconnaît un schéma technologique (n° 2), simplifié par abandon de quelques détails de forme et d'assemblage ; un schéma organique (n° 3) ; un schéma fonctionnel (n° 4) qui met en relief (par une simulation intellectuelle) la relation qu'établit entre les trois orifices le remplacement du bloc droit par le bloc gauche ; un schéma fonctionnel (n° 5), ne retenant que le principe, et enfin, une boîte noire (n° 6) qui recouvre non seulement le distributeur en question, mais tous les dispositifs remplissant la fonction inscrite sur la boîte (NON, PAS, NOT) et, par conséquent, faisant la relation avec les transistors et cellules fluidiques. Fig.192

Dans la colonne de gauche, un schéma technologique (ensemble en coupe 2') d'une cellule fluidique remplissant la fonction NON et trois schémas fonctionnels de la même fonction. Les deux matrices ne retiennent, mais en les valorisant, que les relations entre les états extrêmes (binaires) de A et les états correspondants de S ($S = \bar{a}$) ; le diagramme des phases (n° 7') visualise le même modèle ($S = \bar{a}$) pour la cellule VDI 3229 en introduisant la composante temps, absente des autres

(1) CHABAL (J.) : Le schéma en construction mécanique, in Le cours industriel, n° 4, janvier 1968, pp. 101-106.

représentations. Ce diagramme montre qu'un modèle n'est pas obtenu par une simple opération d'abstraction par rapport à l'original, certaines propriétés caractéristiques peuvent aussi être magnifiées par une sorte d'effet de loupe. Les documents relatifs à la Centrale de Brest-Portzic présentent la même gradation avec : une photographie du compresseur partie supérieure enlevée, un schéma technologique de l'ensemble en coupe, un schéma fonctionnel du même ensemble et un schéma organique de l'accouplement embrayable. Fig.193

TOURANCHEAU (1) souligne à propos du schéma : " on conçoit qu'une construction, un organe, une pièce, ne peuvent pas avoir un schéma précis, défini une fois pour toutes, normalisé, car la construction peut être étudiée à plusieurs points de vue différents ". Les techniques de réalisation d'un schéma en construction mécanique sont laissées à l'initiative de l'exécutant, seules quelques " représentations simplifiées " très souvent employées ont été fixées par la norme qui semble hésiter entre " représentations conventionnelles ", " représentations simplifiées ", " schéma " et " représentations d'ensembles schématiques ". La norme NF 04-114 indique que la représentation schématique des roulements est réservée au cas de roulements dont le type ne pourra être précisé qu'à un stade ultérieur, ce qui laisse entendre que schématique serait ici pris dans le sens d'esquissé, de non achevé.

Dans le domaine électrique, la norme NFC 03-150 (septembre 1960) a, par contre, fixé les différents types de schémas en partant de la définition suivante : Schéma : " dessin représentant tout ou partie d'une installation électrique et montrant les relations mutuelles et les moyens de liaison de ses différentes parties ". La longue liste des schémas que nous reproduisons d'après la norme présente l'intérêt de donner une classification basée sur des critères précis.

A - Les schémas explicatifs dont le but est de faciliter l'étude et la compréhension du fonctionnement d'une installation. A cet effet, les schémas représentent tous les organes, tous les conducteurs, toutes les liaisons mécaniques et toutes les conditions d'interdépendance qui jouent un rôle dans le fonctionnement décrit ou étudié. Une même installation peut faire l'objet de plusieurs schémas explicatifs, du plus simple au plus complet :

. Le schéma explicatif fonctionnel permet par sa simplicité de donner une image générale du fonctionnement limité à son principe essentiel. Les installations et les dépendances entre les divers éléments sont représentées par des symboles ou des figures simples, sans qu'il soit nécessaire de représenter les liaisons matérielles.

. Le schéma explicatif des circuits peut revêtir trois aspects : multifilaire assemblé, multifilaire développé, unifilaire. Il représente, par

---

(1) TOURANCHEAU (J.) : Le schéma, Technique, Art, Sciences, n° 7, 1951, pp. 33-38.

des symboles, les installations ou les parties d'installations avec toutes les liaisons matérielles, en particulier les connexions.

. Le schéma explicatif des réseaux est une carte géographique avec tracé très simplifié d'ouvrages et de lignes.

. Le schéma explicatif architectural est un dessin qui représente à la fois l'architecture d'un local et les emplacements approximatifs des appareils d'utilisation et de commande.

B - Les schémas de réalisation ont pour but de guider la réalisation et la vérification des connexions d'une installation ou d'une partie d'installation. A cet effet, l'identification des connexions est assurée par l'emploi de marques de bornes et de repères de conducteurs (ou éventuellement d'un tableau de connexions).

. Le schéma de réalisation des connexions intérieures définit les connexions établies à l'intérieur d'une partie de l'installation.

. Le schéma de réalisation des connexions extérieures définit les connexions établies entre dispositifs de raccordement des diverses parties de l'installation.

. Le schéma de raccordement aux bornes ne présente que les bornes et les conducteurs qui les réunissent.

. Quatre sous-classes de schémas de réalisation sont encore admises par la norme (filerie et cablage).

C - Les schémas mixtes présentent en leurs différentes parties les caractères de plusieurs catégories qui précèdent ; par exemple, lorsque l'installation est représentée :

. soit en partie en schémas explicatifs et en partie en schémas de réalisation,

. soit au moyen de plusieurs schémas de connexions intérieures accompagnés d'au moins un schéma de connexions extérieures (schéma général des connexions).

Quant aux modes de représentation, deux points bien distincts sont à considérer :

. le nombre d'éléments de même nature justiciables de symboles identiques,

. la disposition relative de ces symboles.

. Un schéma est en représentation multifilaire lorsque chaque élément d'appareil fait l'objet d'un symbole distinct et lorsque chaque conducteur est représenté par un trait particulier.

. Un schéma est en représentation unifilaire lorsqu'on représente une seule fois le symbole correspondant aux conducteurs, appareils ou organes semblables en cause, puis on barre ce symbole d'autant de traits obliques qu'il y a de conducteurs, appareils ou organes.

. Un schéma est en représentation par faisceaux quand on remplace par un trait unique plusieurs traits qui seraient parallèles et voisins sur une assez grande longueur.

. Un schéma est en représentation mixte quand il combine la représentation multifilaire et la représentation simplifiée.

. Un schéma est en tracé discontinu lorsqu'il présente des interruptions, chaque tronçon étant de la même façon.

Enfin, quatre classes se dégagent des dispositions graphiques des symboles d'éléments d'un même appareil ou d'une même installation.

. La classe des représentations assemblées : les symboles sont tracés au voisinage les uns des autres.

. La classe des représentations semi-développées : les symboles sont séparés et disposés de telle façon qu'on puisse tracer facilement des liaisons mécaniques entre les différents éléments qui manoeuvrent ensemble. La compréhension des dépendances mécaniques est ainsi facilitée.

. La classe des représentations développées : les symboles sont séparés et étalés de façon que le tracé de chaque circuit se rapproche le plus possible d'une droite - la compréhension des conditions de dépendance électrique est ainsi facilitée.

Ce mode de représentation est tout spécialement utilisé pour le schéma des circuits qui prend alors le nom de schéma développé.

. La classe des représentations topographiques : la représentation assemblée des symboles rappelle la disposition topographique des matériels réalisée dans les équipements (1).

Le schéma électrique présente quelques traits remarquables : il est système de signes en ce sens que la connaissance de la signification de chaque signe précède l'observation de l'assemblage des signes. Pour appréhender un schéma électrique, il faut connaître la signification des symboles et les règles de schématisation. Ceci étant, le décodage du schéma ne supporte pas d'interprétation et de discussion quant au circuit représenté. Les classes des schémas sont strictement définies suivant l'hypothèse implicite que pour chaque classe le système est le plus efficace car le mieux adapté à la transmission des renseignements dans des conditions déterminées, en direction d'un certain type de récepteur. En vertu de quoi, niveaux de schématisation et symboles ont été normalisés.

Au contraire, quand la schématisation ne répond pas à une systématique conventionnelle, il y a possibilité de faire varier d'une façon quasi continue le niveau de schématisation et, en l'absence d'un répertoire complet de symboles, c'est du signe ou de l'assemblage de signes que naît la signification. En paraphrasant BERTIN (2), on peut dire que la schématisation en construction mécanique est d'abord tributaire des lois de " l'image figurative ". De même qu'un discours ou qu'une photographie, le schéma non fixé peut recevoir des interprétations variées, puisque toute signification est liée à un ensemble de signes, lui-même perçu et interprété par référence ou répertoire d'analogie et de hiérarchie de chaque " récepteur " et non d'une formalisation antérieure.

---

(1) On trouvera l'illustration de ces différents types de schémas dans : BOUISSOUX (M.), MONTAGNAC (J.) : Cours de schémas d'électricité, PARIS, DUNOD, 1971.

(2) BERTIN (J.) : La graphique, op. cité, (1970), p. 170.

TOUTANCHEAU, CHABAL et nous-mêmes (1) avons cherché à dégager quelques règles de schématisation en construction mécanique, mais on sait peu de choses sur la relation entre les signes proposés et les représentations mentales auxquelles ils répondent ou qu'ils veulent créer, et les études des ergonomes (2) nous sont d'un faible secours.

FASSINA (3) a étudié plus généralement le rôle de ce qu'elle nomme l'actualisation du schéma explicatif (c'est-à-dire la disposition des parties) en dépannage. Elle conclut qu'il y a deux nécessités antinomiques : celle d'avoir une vue d'ensemble de l'appareil pour un schéma de principe et celle d'avoir des repères privilégiés pour établir la correspondance entre schéma et matériel à dépanner. Elle formule l'hypothèse que des informations écrites, proches des aides au travail, pourraient parfois jouer le rôle de repères privilégiés.

Pour la schématisation des parties ou éléments qui nous intéresse plus ici, FASSINA (4) rappelle que les tentatives pour améliorer la structuration des schémas se répartissent en deux catégories : celles qui mettent l'accent sur certains éléments jugés importants (JAMOIS, MALTER, BAKER et WHITEHURST (5)) et celles qui consistent à améliorer la structuration de l'ensemble du schéma par une meilleure " actualisation ". OCHANIN, cité par FASSINA, a comparé un schéma " classique " de dispositif de lubrification et un schéma " opératif " qui ne retient que les renseignements pertinents à l'action et organisés de manière " logique ", c'est-à-dire cohérents avec les opérations que le récepteur aura à effectuer à l'aide du schéma, il a constaté de meilleures performances chez les sujets qui utilisaient le second type de schéma. Ceci pour des opérations de type " exécution d'une consigne " ne nécessitant pas d'apprentissage.

Une récente recherche du C.E.R.P. Air (6) sur la définition d'un support d'enseignement des procédures de secours implique les deux améliorations déterminées par FASSINA. On conçoit que des pilotes d'avion

---

(1) DEGOULANGE (F.), DEFORGE (Y.) : Dessin technique, PARIS, A. COLIN, 1969, tome II, pp. 62-69.

(2) MONTMOLLIN (M. de) : Les systèmes hommes-machines, PARIS, P.U.F., 1967.

(3) FASSINA (A.) : L'entretien, méthode de recherche des pannes et apprentissage, Bulletin du C.E.R.P., volume XI, n° 3, 1962, pp. 269-285.

(4) FASSINA (A.) : Un intermédiaire dans le système homme-travail, op. cité.

(5) Cf. Bibliographie FASSINA (thèse), 1969.

(6) COLLECTIF : C.E.R.P. Air : Définition d'un support, op. cité, fascicule 4.

se font des systèmes cachés qui assurent la sécurité du vol, une représentation schématique très particulière qui n'est ni technologique ni topologique. Pour l'installation hydraulique complexe assurant la sortie du train, des volets, des aéro-freins, la marche de la servo-commande et le réarmement des mitrailleuses, il semble (l'expérimentation n'a malheureusement pas pu être menée à son terme) que la représentation la plus pertinente pour un pilote, celle qui correspond à la représentation mentale qu'il s'en fait en fonction de ce qu'il doit en connaître s'il doit intervenir, soit une représentation dessinée très simplifiée, incluant des représentations à plusieurs niveaux et distinguant nettement deux circuits : le circuit normal de génération et de conservation de la pression avec un réservoir (boîte noire), une pompe (boîte noire), un accumulateur de pression (boîte noire), un manomètre (figuratif) et une sortie vers les servitudes, le tout relié par un tuyau (pas de retour) ; le circuit de secours avec un réservoir de secours (boîte noire), une pompe à main de secours (boîte noire pour la pompe, figuratif pour la commande de la pompe) et un tuyau vers les servitudes. C'est du moins ce qui ressort d'un premier sondage près des élèves-pilotes. Il semble donc que, dans la représentation schématisée des systèmes, le schéma doive être d'autant plus figuratif qu'il joue un rôle plus important dans la relation pilote-matériel. La pompe à main est plus importante aux yeux du pilote et appelle une représentation plus détaillée pour sa partie visible que l'accumulateur de pression, intrinsèquement tout aussi essentiel au fonctionnement du circuit de secours, mais invisible et inaccessible pour le pilote (1).

Fig.191 (haut)

Fig.191 (bas)

Les hésitations de la normalisation sur la schématisation des éléments d'automatisation (NF 04-056 et CETOP RP 3), les confrontations entre les normes internes aux maisons (CLIMAX, CROUZET) et les

---

(1) Dans certains avions modernes (MERCURE, CONCORDE), les informations nécessaires à la navigation, habituellement présentées analytiquement sur les cadrans du tableau de bord, sont rassemblées sur des écrans de visualisation. L'indicateur de situation horizontale, en phase d'approche, donne, en plus des informations fournies par les instruments classiques, les trajectoires prévues, les altitudes de sécurité et la navigation dans les quatre dimensions, c'est-à-dire en tenant compte du facteur temps. L'écran d'affichage des paramètres permet l'affichage simultané de toutes les informations de température, de régime, de consommation, etc... des moteurs de l'avion, ainsi que de diverses indications sur leur mode de fonctionnement et de signaux d'alarme. Les essais sur le simulateur CONCORDE ont permis de préciser la symbolique à adopter et ont joué un rôle déterminant pour la création d'une commission " EFI " (Electronic Flying Instruments) au sein de l'organisme américain chargé de la normalisation des équipements de bord.

TELONDE : L'avionique, 1973, n° 2.

normes internationales montrent qu'un travail important reste à faire dans ce domaine et qu'il ne pourra être mené à bien sans une référence à la psychologie de la perception de l'utilisateur en situation.

Le dessin technique normalisé (1) permet surtout la présentation visuelle sans déformation des propriétés caractéristiques dimensionnelles des volumes : longueur, largeur, hauteur ou épaisseur et de leurs positions relatives.

La méthode intuitive des représentations visuelles se résume au dessin de ce que l'exécutant voit en s'élevant devant la construction ou en élevant l'objet dessiné à hauteur de ses yeux (élévation de face et de profil) et au dessin de ce qu'il voit du dessus, ou verrait si la partie supérieure était enlevée. Les représentations géométrales (orthographie et ichtographie) sont des formalisations limitées de cette façon de voir. Naguère, les partisans de la " méthode directe " ont préconisé un système de représentation pour lequel " une vue d'un objet, c'est l'objet lui-même aperçu directement en dehors de toute considération de plans de projection. Si le dessinateur passe d'une vue à une autre, il n'imagine pas un changement de plan de projection, mais un changement de position de l'observateur. Ainsi, quand il construit une vue de face, il pense qu'il occupe une position face à l'objet ; s'il construit ensuite une vue de dessus, il fait mentalement le changement de position qui donne à ses regards la direction convenable. Une telle attitude d'esprit est en grande partie intuitive " (2).

Les méthodes de projection orthogonales sur plusieurs plans distincts constitués par des zones contiguës imaginées par MONGE ont donné naissance à deux systèmes : le système des projections dans le troisième quadrant (système américain) et celui du premier quadrant (système européen). Mais si l'on ne s'imposait pas la contrainte de visualisation, d'autres systèmes seraient admissibles, tels ceux qui donnent les plans cotés, les relevés en courbes de niveau ou en sections verticales équidistantes, les constructions stéréographiques (3), la théo- Fig. 168à188

(1) Nous entendons par là, qui répond à une systématique de la présentation fixée par des normes.

(2) RUBIO de TERAN (R.) : Cours de dessin technique, géométrie du dessin technique, tome II, PARIS, MASSON, 1956.

(3) MONTABERT (P. de) : Le dessin linéaire enseigné aux ouvriers, PARIS, BACHELIER, 1832. De MONTABERT expose sa théorie du dessin stéréographique qui n'est pas une méthode de projection orthographique ni perspective, mais une construction conventionnelle, analytique, présentant les propriétés caractéristiques des " formes, des mesures, des dimensions et d'assemblages " (Cf. supra, p. 225).

rie des transversales (1), la géométrie analytique et tous les systèmes de représentations en coordonnées polaires, rectangulaires, angulaires, etc..., qui permettent aussi de présenter certaines propriétés caractéristiques des volumes sur les deux dimensions du papier, mais dont l'usage est resté limité jusqu'à ces derniers temps.

Les perspectives conventionnelles sont considérées aussi bien comme des représentations de ce que voit un observateur (la perspective " cavalière ") que comme des projections obliques, coniques ou orthogonales d'un corps sur un plan (NF 04-108). Dans les deux systèmes les perspectives sont aussi des artifices pour imposer au plan les trois dimensions de l'espace métrique. Fig. 91à112

Dans le dessin technique normalisé la variable temps est introduite visuellement par le biais des vues superposées (les " positions extrêmes ") de la norme (NF E 04-103) ou par une succession de séquences. Les gammes (appelées " cinémas " dans certains bureaux des méthodes, BERLIET, 1950) sont des suites de dessins représentant la pièce aux différents stades de sa fabrication.

La largeur des traits dont les valeurs, fixées empiriquement, régressent géométriquement (1, 1/2, 1/4), est une variable qui intervient surtout par effet de contraste des formes sur le fond, effet renforcé ou atténué par le procédé de reproduction. Les " bleus " au ferro-prussiate, utilisés entre 1847 et 1930 environ, qui donnaient des traits clairs sur un fond bleu foncé, valorisaient plus ces composantes (à notre avis) que les actuels tirages sur papier sensible.

La couleur, aujourd'hui employée en cartographie pour restituer les reliefs, l'était de même, jusqu'en 1900, en dessin technique. Cette variable visuelle a presque entièrement été abandonnée, sauf pour les dessins d'ébénisterie exécutés sur papier bulle et les plans sur règle (coupe horizontale en rouge, coupe transversale en bleu, coupe longitudinale en bistre) (2), et les dessins de modèle en bois pour la fonderie. Une résurgence peut venir de moyens de reproduction autres que l'héliographie. En dessin automatique, quand les stylets peuvent être facilement changés, on emploie, dans certains cas, la couleur pour dis- Fig.165

---

(1) PONCELET (J.V.) : Traité des propriétés projectives des figures, PARIS, BACHELIER, 1822. PONCELET rappelle que CHASLES a mis en oeuvre les principes de la théorie des transversales pour démontrer la plupart des théorèmes de MONGE. La théorie des transversales remplace une géométrie des formes par une géométrie des positions.

(2) HOSCH (X.) : Traité de dessin de construction du meuble, PARIS, DUNOD, 1970.

tinguer les tracés, l'interprétation de volumes et de photographies se fait en utilisant différentes valeurs de noirs.

2 - 4 Classes iconiques par la facture du graphisme

Le professeur qui corrige le travail d'élèves ayant composé en dessin sur le même sujet, réserve dans son barème de notation quelques points à la " présentation ". Sans bien savoir quels critères interviennent dans l'attribution d'une note de présentation, le fait est que, malgré les règles strictes du dessin technique normalisé et même du schéma électrique, ainsi que nous l'avons montré précédemment, des différences sensibles de facture apparaissent d'un dessin à l'autre.

Pour des dessins de mêmes types fonctionnels et formels, exécutés dans les mêmes conditions matérielles, la " dimension esthétique " (MOLES), propre au dessin, résulte de petites distorsions dans l'utilisation des variables visuelles comme la largeur relative des traits, le soin apporté à l'exécution des tracés et des écritures, la disposition des dessins partiels sur la feuille, la distance entre eux (en particulier l'équilibre des blancs), la proximité relative des vues et projections, la répartition des cotes et écritures. Le support (papier dessin et calque de grain et de " force " différents), la technique d'exécution (main levée, instruments, encre, crayon), les aides prédessinées (décalcomanies, trames), les moyens de reproduction (héliographie, imprimerie), peuvent aussi influer sur la facture du dessin et intervenir d'une manière diffuse dans un jugement sur la présentation, donc sur un classement.

Toujours pour des dessins du même type, porteurs des mêmes renseignements, le choix des modes de présentation (figuratif, symbolique ou écrit) et l'usage fait des artifices de présentation (coupes, demi-coupes, sections, etc...), introduisent des différences sensibles de facture qui feront dire à un expert placé devant une série de dessins identiques quant au contenu en renseignements, mais différents quant aux modes de présentation, que tel dessin est plus clair, plus facile à " lire ", que tel autre ou que tel renseignement est redondant ou superflu et que le dessinateur aurait pu se dispenser de ce travail.

Ces appréciations sur le dessin semblent se fonder sur des données uniquement perceptives. En fait, les effets subjectifs de la régularité de la symétrie, de la prégnance (en relation avec le rapport du périmètre sur la surface et le nombre de changements brusques dans un contour) et les notions de clarté et de complexité n'ont pas ici la même portée qu'en psychologie de la perception.

En psychologie de la perception (1), le sujet est confronté à des figures non signifiantes ou volontairement ambiguës qui sont de véritables pièges perceptifs, alors qu'en dessin, au contraire, tout est mis en oeuvre pour éviter ces situations, lever les ambiguïtés et combattre les " bruits optiques ". Seules les fautes manifestes contre les règles dégagées de la pratique de la communication sont susceptibles de créer, chez le technicien utilisateur auquel le dessin est destiné, des difficultés de perception. Nous ferons donc l'hypothèse que les jugements sur la clarté et, symétriquement, sur l'obscurité d'un dessin, sur sa facilité de " lecture " ou la difficulté d'accès aux renseignements, ne se fondent pas seulement sur des critères perceptifs, mais aussi sur d'autres critères, tel le critère de coût ou d'économie déjà présenté comme étant le résultat de la " simplification des dessins ", qui interfèrent constamment avec d'autres pôles comme le banal et l'original, le fréquent et le rare, le connu et l'inconnu, tous tributaires d'une interprétation humaine qui associe constamment dans son jugement le perceptif, le cognitif et l'idéologique.

3 - CRITERES DE CLASSIFICATION DE DOCUMENTS DE MEME TYPE

Peut-on faire émerger quelques-uns de ces critères et s'en servir pour établir une typologie du graphisme technique ? Pour répondre à cette question, nous avons extrait d'une progression scolaire le dessin d'une pièce simple (pièce B de la figure), définie par des renseignements arbitrairement et provisoirement décomptés comme suit : Fig.194

- Une forme principale parallélépipédique..... : 1 renseignement
- Trois trous cylindriques..... : 3 renseignements
- Une symétrie (nécessaire à la mise en position des trous)..... : 1 renseignement
- Des spécifications dimensionnelles..... :11 renseignements
- Une indication d'échelle..... : 1 renseignement
- Une spécification de matière..... : 1 renseignement

Soit 18 renseignements dénombrables, nécessaires et suffisants à un professionnel pour exécuter la pièce avec les moyens d'un atelier d'outillage. Un renseignement sur la qualité de l'exécution (toutes cotes qualité 9) qui ne modifiait pas les données du problème a été sup-

(1) FRAISSE (P.), PIAGET (J.) : Traité de psychologie expérimentale, tome VI, La perception, PARIS, P.U.F., 1963.

primé. Nous avons conservé l'échelle et la matière pour laisser au dessin son caractère de document utilisable de type fonctionnel " pour définir et réaliser " et de type formel " dessin géométral ".

A partir de ce dessin B, nous avons fait quatre autres dessins présentant tous les 18 renseignements. Le dessin A est un dessin en trois vues (face, gauche, dessus) ; le C est un dessin identique à B mais avec un artifice " coupe " ; le D est en une vue et demie : vue de face et demi-vue de dessus. Fig.194

Le cinquième dessin E est du type formel perspectif (perspective isométrique) en une seule vue.

Nous avons présenté ces cinq dessins à des professeurs de C.E.T., pris au hasard sur une liste de 100 noms, en leur demandant de les examiner et de les classer d'après l'idée qu'ils se faisaient de ces caractéristiques (1) :

1° par ordre dégressif de " clarté ",

2° par ordre dégressif de " facilité de compréhension ",

3° par ordre de " coût à l'exécution ".

20 juges avaient à classer les dessins en leur donnant un numéro d'ordre et 20 autres à les noter. Les résultats des juges devant noter n'ont pas été exploités du fait d'un grand nombre d'ex aequo et des disparités de barème. 18 réponses des juges devant classer les dessins ont été retenues. Les résultats ont été regroupés dans le tableau suivant :

ORDRE	1	2	3	4	5
Clarté	B	C	D	E	A
Facilité de compréhension	E	B	C	D	A
Coût	D	B	C	A	E

Un contrôle statistique avec le W de KENDALL permet d'évaluer le degré d'accord des juges entre eux. Pour 18 juges et 5 dessins le S lu à .01 est de 641,2 ; or on trouve :

- pour la clarté S = 1066 et W = .33
- pour la facilité S = 1329 et W = .41
- pour le coût S = 1991 et W = .61

(1) Nous sommes restés volontairement imprécis sur la distinction à introduire entre " clarté " et " facilité de compréhension ".

On peut donc admettre l'hypothèse d'une convergence des jugements. Par contre, l'indépendance des jugements calculée par le C de KENDALL donne comme résultats :

JUGES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Clarté-facilité	4	2	4		8	6	6	8	2	2	-2	10	2	4		0	4	-6	2
Clarté-coût	-2	6	8		6	6	-2	-2	2	4	4	4	-2	0		6	10	4	8
Facilité-coût	-4	2	2		8	6	-6	-4	2	0	-8	4	6	0		-4	4	-8	0

Pour la liaison clarté-facilité 5 juges sur 17, soit 29 % , ont un C supérieur ou égal à .6, alors que dans le cas du hasard, cette alternative ne se produit que dans 11,7 % des cas. Pour la liaison clarté-coût, 7 juges ont un C supérieur ou égal à .6, soit une assez forte interdépendance de ces deux jugements. Seul, le dernier couple facilité-coût affiche une faible corrélation.

Il ressort de cela que les experts ont établi les trois classements que nous leur demandions, mais que les critères intuitifs utilisés ne sont pas indépendants.

De notre côté, après avoir pris connaissance des jugements des experts, nous avons essayé de déterminer quels critères analytiques pouvaient entrer dans un ou plusieurs indices relatifs à la facture des dessins considérés.

3 - 1 Discussion d'indices

FASSINA (1), se basant sur les critères de la bonne forme (WOODWORTH et SCHLOSBERG) (2), définit, en les adaptant au schéma, sept critères opérationnels susceptibles d'intervenir dans la clarté :

- Homogénéité de disposition des éléments,
- Homogénéité des dimensions,
- Critère de proximité absolue,
- Critère de proximité relative,

---

(1) FASSINA (A.) : Un intermédiaire dans le système homme-travail, le dessin technique, lecture et écriture des schémas explicatifs, op. cité.

Etude de la lecture et du dessin de schémas électroniques, rapport A.F.P.A., ronéoté, novembre 1966.

(2) Cf. Bibliographie FASSINA, thèse, 1969.

- Critère du nombre de coudes,
- Critère du nombre de croisements des conducteurs,
- Critère de symétrie.

En analysant des schémas identiques fonctionnellement, exécutés par 29 sujets et notés par des moniteurs, elle a retenu quatre critères d'actualisation (portant sur les dispositions des éléments) qui sont, par ordre d'influence :

- la symétrie,
- l'homogénéité des dispositions,
- l'homogénéité des dimensions,
- la proximité relative.

FASSINA ajuste ensuite un modèle donnant un indice de complexité ; trois modèles sont proposés et testés. Le dernier (C_3) assure la meilleure corrélation avec le jugement de clarté des moniteurs.

$$C_3 = \left[\frac{-\sum_1^{Np} \frac{S_i}{S} \log_2 \frac{S_i}{S}}{\log_2 Np}\right] \cdot \left[\frac{Np}{2Np_{min}} \cdot \frac{Nd_H}{Np} \cdot \frac{Nd_D}{Np} \cdot \frac{Np}{Nps+Np}\right]$$

Dans ce modèle, S est la surface totale et S_i la surface d'une partie,

- Np le nombre de parties totales admises par la figure,
- Np min le nombre de parties minimales défini par analyse du schéma,
- Nd_H le nombre de parties différentes quant à la dimension,
- Nd_D le nombre de parties différentes quant à la disposition,
- Nps le nombre de parties différentes admettant au moins un axe de symétrie.

Ce modèle, très spécifique, convient pour des schémas électriques ou électroniques constitués d'éléments reliés les uns aux autres, pour lesquels on estime que le nombre d'éléments et leur disposition sont des facteurs intervenant dans la complexité et, par conséquent, dans la " lisibilité ", dans la mesure où l'indice C_3 est en corrélation avec un jugement de référence portant sur la clarté. Pour une même quantité de renseignements, C_3 augmente quand l'homogénéité de disposition et de dimension augmente ; pour une même disposition, C_3 diminue quand la quantité moyenne de renseignements diminue, ce qui laisse penser qu'en faisant varier les paramètres, on pourrait trouver un C_3 optimal.

Il ne semble pas, d'après les essais que nous avons faits, qu'un tel indice puisse servir à caractériser la clarté des dessins techniques de type fonctionnel : " dessins de définition de produits finis de la mécanique ", pour lesquels la disposition des parties n'est pas

susceptible de varier comme dans un schéma dont le tracé est laissé à l'initiative du dessinateur. D'autre part, le calcul de l'indice repose sur l'hypothèse d'une meilleure bonne forme donnée par un nombre minimal de parties. En dessin de la mécanique, la seule réduction du nombre de parties que l'on puisse faire sur une vue qui comporte une symétrie est d'en supprimer la moitié, ce qui n'est pas obligatoirement la meilleure façon de faciliter la prise de renseignements. Enfin, à l'essai, une difficulté majeure nous est apparue : la coupe, généralement faite pour rendre le dessin " plus clair ", augmente toujours le nombre de parties dans le décompte et va à l'encontre de l'effet attendu.

L'armée de l'air suédoise a fait un travail original sur le dessin au bureau d'études et la préparation du travail au bureau des méthodes dans lequel apparaît un " indice de complexité ". Le but de l'étude était d'établir un système de calcul des temps nécessaires à l'exécution des tâches (1).

L'indice de complexité pour la conception est fonction de l'investissement intellectuel du concepteur ; il se lit sur une courbe établie par tâtonnement et sert de coefficient à un indice de difficulté. Pour la préparation, cinq degrés ont été fixés en fonction des critères suivants : nombre d'opérations de fabrication, nombre d'outils nécessaires, précision des mesures et du fini, choix des méthodes et forme initiale des matières premières. Des estimateurs établissent un classement et constituent un " cahier de complexité ", c'est-à-dire qu'il n'y a pas mesure de la complexité, mais comparaison et classement par référence à des échantillons.

L'indice de complexité et l'indice de difficulté sont établis en répartissant dans dix classes 200 à 300 dessins ramenés au format A_4. Les estimateurs sont des dessinateurs confirmés qui doivent supposer que les dessins ont été effectués par des dessinateurs d'habileté moyenne, disposant de tous les renseignements nécessaires. Les dessins sont ensuite rassemblés dans un cahier qui sert de référence comparative. L'indice de difficulté d'un dessin à exécuter donne le temps d'exécution brut qui, multiplié par le facteur de complexité, donne le temps total d'exécution avec une bonne approximation.

Méthodologiquement, l'approche qui consiste à remplacer une mesure jugée difficile par un classement visuel en se référant à des

---

(1) RYLANDER (G.) : Calcul du temps et planification du travail d'organisation de la production, in L'étude du travail, 1966, n° 175, pp. 21-29.

étalons est intéressante. Elle est utilisée en métrologie industrielle pour les états des surfaces que l'on classe en les comparant à des échantillons viso-tactiles, tandis que la mesure fait appel à des appareils qui analysent la surface et donnent les valeurs des critères (A_W, R, R_T, R max.), mais la méthode comparative exige un jeu d'étalons par type de surface.

3 - 2 Recherche d'un indice de clarté

Ne disposant pas du matériel suédois adapté au dessin de produit fini (car il faut normalement un cahier de référence par type de dessin) et ayant écarté un mode de calcul d'indice valable dans les conditions expérimentales décrites par FASSINA, mais ne convenant pas au dessin de pièces mécaniques, nous nous sommes orienté vers la recherche d'un indice qui, même rudimentaire, rendrait compte du jugement global qu'émet un expert à propos de dessins techniques du type fonctionnel considéré. Nous avons diversement cherché quels critères retenir. Nous en avons finalement retenu quatre.

1° - Les changements de direction (sectionnements)

Indépendamment de l'échelle du dessin, la clarté semble devoir être tributaire du nombre de changements de direction dans le tracé des contours. Ceci est en conformité avec les expériences d'ATTNEAVE (1) qui montrent que les angles d'une figure constituent pour les observateurs des zones de " concentration d'information " (FRANCES). Nous avons compté comme " sectionnement " toute solution de continuité intra-figurale dans le tracé : obligation de lever le crayon ou le tire-ligne pour changer de direction. Le décompte ne porte que sur les traits continus et interrompus courts moyens (pointillés).

2° - Les contours cachés

L'usage des coupes est généralement justifiés par le fait qu'en transformant des parties cachées en parties vues, elles rendent le dessin " plus clair " (2). Il est donc plausible de considérer les traits interrompus courts moyens comme des obstacles à la clarté. Pour en tenir compte, nous avons ajouté aux sectionnements totaux les sectionnements

---

(1) ATTNEAVE (F.) : Some informational aspects of visual perception, Psychol. Rev., 1954, n° 61, pp. 183-193.

(2) " Les coupes permettent d'améliorer la clarté et la lecture du dessin en remplaçant les contours cachés des pièces creuses (traits interrompus courts) par des contours vus (traits pleins) ".
In CHEVALIER (A.) : Guide du dessinateur industriel, op. cité, (1969), p2a

cachés, ce qui revient à les affecter d'un coefficient deux.

3° - L'indice de symétrie

Si nous caractérisons la clarté par une simple addition de sectionnements, nous obtenons un classement très différent de celui des experts. Le dessin D venant en tête, alors que les experts l'ont repoussé en troisième position. On peut avoir une explication de ce choix en remarquant qu'en remplaçant une partie symétrique par un signe conventionnel on gagne sur les sectionnements, mais on perd sur la redondance de forme qui, lorsqu'elle n'est pas une " redite " pure et simple et lorsqu'elle n'augmente pas excessivement les coûts, donne une meilleure " bonne forme " (au sens de la gestalt). D'où la nécessité d'avoir un indice de symétrie qui traduise cette option des experts. Nous avons opté pour le rapport du nombre de parties sur le nombre de vues, une vue sans symétrie générale compte pour une partie, une vue avec une symétrie générale pour deux parties, etc...

4° - Autres critères

De toute évidence, la clarté est aussi tributaire de la mise matérielle des cotes. Nous avons cherché plusieurs modes d'estimation portant sur les cotes et autres spécifications pour finalement abandonner ces critères en faisant le raisonnement suivant : à moins de fautes grossières (lignes de cotes découpant perceptivement des parties dans les vues), les cotes sont disposées autour du dessin et l'obscurcissement varie sensiblement comme l'obscurcissement dû aux sectionnements. Nous avons aussi négligé les différences de facteur ayant pour origine des variations dans le tracé. Elles pourraient être introduites comme un coefficient en d'autres circonstances. Finalement, nous avons trouvé pour les cinq dessins les valeurs suivantes, avec l'indice C (clarté) le plus faible pour le dessin le plus clair. Le classement obtenu : C, B, D, E, A, permute B et C par rapport au classement des experts.

		A	B	C	D	E
1	Sectionnements (totaux)	25	15	15	13	24
2	Sectionnements (cachés)	10	4	0	4	12
	Nombre de parties Np	5	3	3	1,5	2
	Nombre de vues principales N	3	2	2	1,5	1
3	Indice $\frac{Np}{N}$	1,66	1,50	1,50	1	2
	C (clarté) $\frac{1 + 2}{3}$	21	12,6	10	17	18

3 - 3 Recherche d'un indice de facilité de compréhension

BRESSON et VURPILLOT (1) ont montré que certaines figures sont plus " faciles " que d'autres à percevoir sans erreur. Les facteurs qui influent sur la facilité de perception sont le périmètre relativement à la surface, le nombre d'angles, la nature de ces angles (concaves ou convexes) et la symétrie.

Si l'on rapproche les sectionnements des angles, la symétrie de l'indice de symétrie, le rapport P^2/S du nombre de faces vues, on peut construire un indice de facilité dont les composantes présentent une certaine cohérence avec celles reconnues comme influant sur la facilité de perception par BRESSON et VURPILLOT ; mais du même coup, la facilité de compréhension des formes découle de l'indice de clarté ; ce qui n'est pas aberrant puisque les deux jugements des professeurs-experts sont en corrélation et que la plupart des auteurs d'ouvrages didactiques fondent les deux notions dans ce que l'on peut appeler la vicinalité du dessin ou la facilité d'accès à l'information. Le classement obtenu en faisant intervenir la clarté, le nombre de vues d'artifices et de faces vues, est identique à celui des experts (E, B, C, D, A).

(1) BRESSON (A.), VURPILLOT (E.) : Contribution à une psychologie des formes visuelles, Psychologie française, 1960, tome V, n° 1, pp. 29-45.

		A	B	C	D	E
1	C (clarté)	21	12,6	10	17	18
2	Nombre de vues	3	2	2	1,5	1
3	Nombre d'artifices	0	0	1	1	0
4	Nombre de faces vues	3	2	2	1,5	3
	C (facilité) $\frac{1\times (2+3)}{4}$	21	12,6	15	17	6

3 - 4 Recherche d'un indice de coût

Le terme de " coût " fait naître une ambiguïté manifeste car on peut aussi bien penser au coût à l'exécution qu'au coût de la prise de renseignements. La seconde acception est celle de la théorie de l'information, comme nous le verrons par la suite. Ici, si les experts avaient pensé au coût du renseignement, il y aurait une forte corrélation entre coût et facilité d'accès, puisqu'il semble bien qu'il y ait le même concept sous-jacent. Le coût financier à l'exécution de chacun des dessins d'une même pièce ayant le même support et la même facture générale dépend au premier chef du temps nécessaire à l'exécution, c'est-à-dire de la " longueur " du dessin à " vitesse " de tracé égale. Des longueurs, qui pourraient être pondérées par les largeurs, L pour les traits forts, L/2 pour les pointillés et L/4 pour les autres, sont totalisées sur le tableau ci-dessous. Pour le dessin C, l'indice est de 963 ou de 703 suivant que l'on prend en compte les hachures comme des sectionnements ou non.

	A	B	C	D	E
_____ Forts L =	465	355	475	285	289
- - - - - - - - - - - - - - L =	300	120	0	120	264
__·__·__·__·__· L =	328	200	228	160	188
///// L =	0	0	260	0	0
TOTAL	1093	675	963 703	565	741

Le classement par les longueurs totales des traits (cotation et écritures exclues, puisque variant peu d'un dessin à l'autre) donne

un résultat cohérent avec l'évaluation des juges, sauf sur le coût du dessin E (la perspective), ce qui est explicable par le fait que les professeurs ont pu prendre en compte une difficulté d'exécution que ne fait pas ressortir notre mode de calcul. Cette divergence pourrait être effacée par l'adoption d'un " coefficient de facture " (1,5 environ), mais nous ne savons pas si un tel coefficient aurait quelque validité en dehors du cas présent.

La facilité ne se paie pas toujours directement par un allongement du tracé, c'est ce qui expliquerait la faible corrélation entre facilité et coût dans les jugements des experts. Si nous avions poussé plus loin nos investigations, nous aurions dû imaginer un autre mode de calcul en y associant les " artifices " pour faire ressortir un critère d'économie dans les coûts, non apparent ici. Puisqu'il existe une corrélation plus forte entre clarté et coût, il est nécessaire d'examiner si nos indices de clarté et de coût sont eux-mêmes en relation. Arithmétiquement, c'est évident, puisque dans un cas on considère les sectionnements et dans l'autre les longueurs de ces mêmes sectionnements. Il n'y a pourtant pas de rapport constant entre ces deux indices, comme cela se produirait avec des dessins rigoureusement identiques à des échelles différentes. Les variations de facture font que le rapport longueur sur sectionnements donne une sorte de taux de concentration ou de densité propre à chaque dessin et non un coefficient général et uniforme. Le tableau ci-dessous affiche les taux bruts et les taux pour cent, obtenus en divisant les longueurs des sectionnements vus et cachés par les sectionnements correspondants.

	A	B	C	D	E
LONGUEUR	765	475	475	405	553
Nb. de SECTIONNEMENTS	25	15	15	17	36
TAUX BRUT	36	31	31	238	15,3
TAUX %	2,7	3,2	3,2	4,2	6,5

3 - 5 Conclusion

Pour rendre compte des classements des experts, nous avons procédé à des comptages d'éléments choisis et groupés arbitrairement dont la seule justification est qu'ils n'introduisent pas de distorsions dirimantes par rapport à une moyenne de jugements sur la clarté, la simplicité, la facilité de lecture, etc..., de dessins comparables ou d'un dessin par rapport à une référence intellectualisée. Les classements résul-

tants, dont on voit bien qu'ils sont fondés sur des jugements dont les critères s'imbriquent et interfèrent de telle façon qu'aucun terme du vocabulaire ne peut en exprimer totalement la complexité, trouvent ici un commencement d'élucidation.

3 - 6 Contrôle

Pour tester la validité de nos hypothèses sur les composantes du jugement des professeurs, nous avons soumis 10 jeux de 5 dessins repérés $A8_a$, $A11_b$, $A11_c$, $A12_d$, $A12_g$, extraits du recueil qui nous servira de référence par la suite, à 10 (8 + 2) professeurs choisis au hasard. Nous avons demandé à nos correspondants d'apprécier intuitivement la clarté des dessins et de les classer. La faiblesse de l'échantillon nous incite à utiliser ces résultats avec précaution, bien que le tableau ci-dessous fasse apparaître une diagonalisation assez nette pour $A8_a$, $A11_b$, $A12_g$, avec une incertitude sur $A12_d$. Fig. 195à198

	DU PLUS CLAIR AU MOINS CLAIR				
	1	2	3	4	5
$A11_c$	00	0000 000	0		
$A12_d$	000	000	000	0	
$A12_g$	000	00	000		
$A11_b$				0000 0000	00
$A8_a$			0	0	0000 0000

En considérant le dessin $A12_d$ comme constitué de 1 + 0,5 + 0,25 = 1,75 vues principales et en appliquant à chacun des dessins le calcul présenté précédemment, nous obtenons le classement $A11_c$, $A12_d$, $A12_g$, $A11_b$ et $A8_a$.

	$A8_a$	$A11_b$	$A11_c$	$A12_d$	$A12_g$
Sectionnements (Totaux)	275	152	73	83	87
Sectionnements (Codes)	107	20	7	28	51
Nb. de PARTIES	5	3	5	2,75	5
Nb. de VUES PRINCIPALES	3	2	3	1,75	3
INDICE DE SYMETRIE	1,66	1,50	1,66	1,57	1,66
C (Clarté)	230	144	47	70	83

On peut comparer ce résultat à celui obtenu avec l'indice de facilité d'accès à l'information.

	$A8_a$	$A11_b$	$A11_c$	$A12_d$	$A12_g$
C (Clarté)	230	144	47	70	83
Nombre de VUES	3	2	3	1,75	3
Nb. d'ARTIFICES	1	3	2	3	8
Nb. de FACES VUES	3	2	3	3	3
C (Facilité)	307	285	78	110	83

Le classement par facilité d'accès à l'information décale le dessin $A12_d$ d'un rang. Ce qui peut être attribué à l'effet excessivement simplificateur des vues incomplètes. Le gain en longueur et en clarté fait perdre de la facilité d'accès aux renseignements.

A titre indicatif, la densité donne un classement où $A8_a$, $A11_b$ et $A12_d$ sont sensiblement à égalité de densité, puis vient le $A12_g$ et enfin le $A11_c$.

$A8_a$	$A11_b$	$A11_c$	$A12_d$	$A12_g$
5822	2595	2438	1655	2849
382	172	80	111	138
15,2	15,0	84,4	14,9	20,6
6,5 %	5,59 %	3,27 %	6,64 %	4,91 %

4 - LES MODES DE PRESENTATION DES RENSEIGNEMENTS

Un document de type fonctionnel " pour définir " et de type formel " dessin projectif " apparaît, à première vue, comme le rassemblement dans l'espace d'une feuille de papier dessin de chiffres, de symboles et d'écriture et, d'autre part, comme le porteur potentiel de renseignements techniques sur les formes, les dimensions, la qualité des surfaces, leurs positions relatives et sur " l'état civil " du produit fini : dénomination, matériau, origine, etc... Fig.204

En seconde analyse, on remarque sur le dessin examiné l'adoption de plusieurs modes de présentation des renseignements. Nous en retiendrons cinq :

1° Le mode graphique figuratif qui présente des renseignements analogiquement, mais qui n'est pas, à proprement parler, une réplique pure et simple de la réalité, puisque les " vues " répondent à une systématique de présentation tant en ce qui concerne le choix et la disposition des vues qu'en ce qui concerne l'élimination de propriétés accidentelles que retiendrait la photographie et que les représentations figuratives gomment, estompent, pour ne conserver qu'une forme générale. Les propriétés accidentelles du produit existant, dont le dessin est alors une " re-présentation ", sont comprises dans l'intervalle de tolérance que précise la cotation. La même remarque vaut pour le produit non encore créé dont le dessin est alors une présentation.

2° Le mode graphique semi-figuratif qui présente des renseignements idéographiquement, nous entendons par là des graphismes qui évoquent ou suggèrent des patterns mentaux sans passer explicitement par un répertoire de mots phoniques de la langue parlée. Les dessins anciens, en particulier les dessins de menuiserie et du bâtiment, comportent des idéogrammes dont le signifié ne peut être exprimé que par des périphrases qui sont plus des traductions que des correspondances codiques. La correspondance entre le signifiant de l'idéogramme et le signifié s'établissant au niveau des actes et non au niveau du discours. Sur les dessins techniques de produits finis qui nous servent de référence, les axes, les flèches qui marquent le " sens du regard " de la coupe, les signes de position des surfaces, sont des idéogrammes à dessins très schématiques mais non arbitraires. Fig.205 (haut)

Leur traduction en langage naturel est malcommode en ce sens, que le langage laisse échapper une partie de l'information portée par les idéogrammes, dont il semble bien que le rôle soit de déclencher chez

le récepteur, quand il est en connivence intellectuelle avec l'émetteur, une cristallisation de connaissances que le récepteur a en arrière-fond de la mémoire ; information immédiatement reprojetée sur le dessin ou utilisée à des fins d'exécution.

3° Le mode graphique non figuratif qui présente des renseignements symboliquement n'a d'effet que pour le récepteur muni du code de correspondance entre les symboles et leur équivalence verbale ou figurative. La plupart des symboles tels que le signe diamètre, les triangles d'usinage, les hachures, n'ont un sens que pour qui dispose du code indiquant en clair à quoi se substitue le symbole. Par exemple, les hachures répondent à un codage doublement substitutif, puisqu'elles se substituent aux couleurs qui elles-mêmes remplaçaient l'inscription du nom du matériau sur le dessin. La symbolique systématique des ajustements où lettres et chiffres prennent une valeur ordinale définie et renvoient à un tableau de correspondance de valeurs dimensionnelles, bien connu des techniciens, s'appuie aussi sur des symboles substitutifs.

La normalisation actuelle marque une hésitation entre les modes de présentation idéographiques et symboliques. La norme NF E 60-032 sur la commande des machines-outils, par exemple, est très fortement idéographique, les normes NL C 03-101, 102 et 200 sur les schémas électriques sont plus symboliques, bien que quelques symboles aient force d'idéogrammes pour un certain domaine culturel (courant alternatif et surtout redresseur, qui a tendance à devenir un idéogramme dont le signifié est grossièrement " passe dans un sens et ne passe pas dans l'autre "). L'influence du milieu culturel peut jouer d'une façon curieuse. Alors qu'un idéogramme comme celui constitué par des cercles concentriques légèrement tremblés est très généralement interprété comme représentant " la vie ", la main avec un doigt pointé qui nous suggère un mouvement occulaire ou corporel (idéogramme parfois employé sur des dessins techniques) est, pour certaines tribus d'Afrique du Sud, l'indice d'une malédiction (1). Fig.209

4° Bien qu'ils soient aussi des symboles substitutifs et même des idéogrammes dans la mesure où leurs significations sont apprises dès le plus jeune âge, nous ferons aux nombres cardinaux une place particulière, étant donné l'importance qu'ils ont dans le dessin technique, surtout le dessin moderne où le figuratif sert de support à des renseignements chiffrés et des spécifications symboliques de plus en plus nombreux. Il

---

(1) JACOBSON (R.) : A la recherche de l'essence du langage, Diogène, Problèmes de langage, 1966, n° 51, p. 27.

suffit pour s'en convaincre de comparer un ouvrage de dessin du type " aide-mémoire " actuel à un ouvrage similaire d'il y a cinquante ans. Dans l'ouvrage de CHEVALIER (1), 50 pages, soit le sixième de l'ouvrage, sont consacrées à la cotation ; l'ouvrage équivalent de DRUOT et LOUBIGNAC (1927) (2) y consacre 10 pages sur les 260 que compte le volume.

5° Il reste enfin ~~cependant~~ sur le dessin examiné des renseignements écrits dans la langue naturelle de l'émetteur ou du récepteur. Il s'agit en fait de signes écrits et même, à la limite, de signaux comme le mot " échelle " : qui n'est, nous semble-t-il, dans la plupart des cas qu'un signal annonçant la valeur numérique de l'échelle. La même remarque vaut pour " matière ", " nombre ", " désignation ", etc... Cependant, malgré la part de plus en plus réduite des renseignements écrits dans les dessins de produit fini, le rôle de l'écriture n'est pas négligeable. Par exemple, quand le récepteur examine un dessin inconnu, la lecture du titre " boîte de vitesses " ou " embrayage magnétique " focalise son attention ou mobilise une partie de ses connaissances ; ou, si l'on préfère, élimine de l'univers des possibles tout ce qui n'est pas à coup sûr du domaine renseigné, comme " matériel d'optique " ou " machine à vapeur ". On pressent à ce propos que les premières prises de renseignement dans les sous-domaines relatifs aux formes, principes, chaînes cinématiques, ont plus de valeur que les dernières qui ne font que confirmer les renseignements précédents. Qu'il s'agisse des renseignements présentés sous la forme écrite ou tout autre forme, la notion toute intuitive de " valeur " du renseignement que nous venons d'introduire serait particulièrement éclairante en matière de graphisme technique, si l'on pouvait la rattacher à une sorte de loi liant la fréquence d'apparition d'une unité de renseignement (une forme, un idéogramme, un symbole, un mot écrit) à sa valeur cognitive.

Les cinq modes majeurs de présentation des renseignements que nous avons dégagés de l'examen rapide d'un dessin de produit fini ne peuvent constituer des classes de documents graphiques, puisqu'ils se trouvent toujours mêlés, dans des proportions diverses, à l'intérieur de l'unité documentaire minimale qu'est la feuille de papier numérotée prise dans une liasse. De même le regroupement que l'on peut

---

(1) CHEVALIER (A.) : Guide du dessinateur industriel..., op. cité.

(2) DRUOT (A.), LOUBIGNAC (J.L.) : Cours de dessin industriel, conseils pratiques à l'usage des dessinateurs de l'industrie, PARIS, EYROLLES, 1927.

faire des deux premiers modes sous le titre de " présentations figuratives " et des trois derniers sous celui de " présentation non-figurative " que nous préférons à la dichotomie entre communication verbale et non verbale (1), fait ressortir que le graphisme technique n'entre dans l'une ou l'autre des catégories qu'au prix de l'abandon de ce qui en fait son originalité : l'usage concomitant de plusieurs modes de présentations des renseignements.

Il nous semble plus important d'essayer de justifier le mode de présentation adopté en montrant que le graphisme technique vise à présenter au mieux, sous forme de renseignements à disposition, les propriétés caractéristiques du domaine renseigné. Pour une même quantité de renseignements, le figuratif et le non-figuratif pouvant varier en proportion inverse, une diminution de l'iconicité étant compensée par une augmentation de la symbolisation et de l'écriture.

4 - 1 Les raisons d'un choix

Dans le domaine technique, le concepteur doit pouvoir créer et modifier des formes et des agencements, les définir et les spécifier, conserver et reproduire les résultats de ses études, représenter l'existant ou en présenter des propriétés caractéristiques. L'exécutant, de son côté, doit avoir connaissance du message sans que sa teneur en soit altérée par la chaîne de communication, accéder facilement et quand il le veut aux renseignements qui le concernent, et ne pas avoir à procéder à des décodages et recodages difficultueux.

Tous les types formels : maquettes, photos, schémas, graphiques, formules mathématiques ou modèle dialectique ; tous les modes de présentation des renseignements : figuratifs, symboliques, écrits, sont acceptables dans la mesure où ils répondent aux conditions ci-dessus. Cette affirmation connaît des limites en ce qui concerne le langage naturel écrit, du fait que sa capacité fonctionnelle est spécifique de la transmission d'une information se rapportant à l'homme, à l'expression de ses problèmes moraux et philosophiques et ne s'étend pas à la communication scientifique et technique. Il semble même que tout progrès dans ce domaine n'ait pu se faire qu'en dépassant le langage écrit et en créant un système graphique maniable plus dense et plus concis, correspondant à un mode de perception non linéaire et finalement mieux adapté aux structures mentales liées à la pensée scientifique et technique.

---

(1) RUESCH, KESS : Non-verbal communication. Note sur la perception visuelle dans les relation humaines, UNIVERSITY OF CALIFORNIA, PRESS, 1956.

La démonstration de la supériorité du système graphique sur le langage naturel est aisée à faire dans le domaine scientifique : les calculs les plus simples sont incompatibles avec la notation phonétique (1). Quant à l'algèbre et la mathématique modernes, elles n'ont pu se développer que grâce à la création de signes idéographiques, au fur et à mesure des besoins. En chimie, les notations symboliques et les représentations graphiques de la stéréochimie ont été non seulement une commodité mais une nécessité méthodologique. " Autrement dit, si les mathématiciens et scientifiques s'étaient cramponnés à une représentation visuelle phonétique de leur discipline, nos connaissances mathématiques, scientifiques et technologiques n'auraient probablement pas dépassé leur niveau du Moyen Age " (Mc LUHAN) (2).

Le langage naturel écrit est particulièrement impropre à renseigner le constructeur d'un produit. " Voici succinctement ce que sont moteur et mécanisme. La locomotive, comme toutes, comprend un foyer que l'on bourre de bois, une chaudière avec son système tubulaire, un piston, un volant double, où se développe la force motrice. Le volant, énorme, pèse de treize cents à quinze cents kilogs. Il met en mouvement une courroie de transmission sans fin, plate, épaisse, large de dix-huit centimètres, assemblée par des rivets de cuivre. Le batteur est comme une cage gigantesque. Il dépasse de beaucoup en volume la machine et l'on se demande comment les flancs étroits de celle-ci animent le corps vaste de celui-là et ses multiples organes : le tambour entouré de ses battes, bandes de fer triangulaires fixées par la base sur lui ; contre-batteur ou grille en demi-lune, armée de ses arêtes ; les cribles de toute dimension ; horizontaux et obliques ; les pelles de ventilation au fond de l'appareil ; la chaîne à godets à l'embouchure de son couloir ; le monte-paille enfin, etc... " . La description de la machine à battre de J. de PRESQUIDOUX se développe sur cinq grandes pages. Les auteurs du manuel d'où est extrait ce passage (3) ont pourtant jugé bon de faire précéder le texte d'une note recommandant " de se reporter fréquemment à la gravure pendant la lecture ".

De toute évidence, une description verbale qui se veut sans connotation est loin de valoir un dessin ou une photographie de la machine, s'il s'agit d'en faire connaître la structure et les détails

---

(1) RICHAUDEAU (F.) : La lisibilité, PARIS, DENOËL, 1969, pp. 77-86.

(2) Mc LUHAN (M.) : La galaxie Gutemberg, op. cité.

(3) LEROY (E.), GESLIN (H.) : Le français dans les centres et écoles d'apprentissage, deuxième et troisième années (garçons), PARIS, DELAGRAVE, 1950, pp. 153-159.

constructifs. Il en va autrement si on désire renseigner sur les états d'âme du personnage qui contemple la machine elle-même (cf. E. ZOLA : La bête humaine, L'assommoir) (1).

Le dessin d'un bateau à roues sur une eau symbolisée par quelques traits ne remplacera jamais les lignes qui ouvrent d'un magistral coup d'archet le premier chapitre de " L'Education sentimentale ": "il y a dans cet embarquement quelque chose de magique, un air d'invitation au voyage à travers la vie, à travers l'amour, ses enivrements, ses faiblesses et ses déceptions, etc..." L'écho qu'éveille chez un admirateur de " l'Education " comme A. BILLY (préface à une réédition) ce célèbre passage, emprunte à la sensibilité du lecteur aussi bien qu'au texte de FLAUBERT qui sert ici de catalyseur à des impressions qui sont autant de connotations voulues ou non par l'auteur, amplifiées par certains récepteurs, insaisissables par d'autres. Le code attribuant à chaque unité signifiante un champ de définition strict - celui du dictionnaire - commun à l'émetteur et au récepteur, se double d'un code occulte, beaucoup plus flou et tributaire de la dynamique des champs de définition qui interfèrent, s'interpénètrent, se contaminent, pour créer l'équivoque ou la connivence.

---

(1) Nous ne connaissons guère qu'un auteur qui ait délibérément tenté (tentative combien désespérée) de mettre en concurrence expression phonique et représentation graphique. Il s'agit de Raymond ROUSSEL (a). Près de deux mille vers alexandrins acrobatiquement chevillés pour décrire strictement et minutieusement ce que l'oeil voit dans la petite boule de verre enchâssée dans le corps d'un porte-plume blanc : l'instantané d'une plage (il est vrai, fourmillante de personnages), pour finalement avouer que, tout au long de son analyse spectrale d'une image, ce qui l'a poursuivi et ce qui force les portes de sa mémoire, c'est :

> " Le souvenir vivace et latent d'un été
> Déjà mort, déjà loin de moi, vite emporté " (b).

ROUSSEL renouvelle sa tentative à propos, cette fois-ci, d'une simple vignette en haut d'un quelconque papier à en-tête d'un hôtel de ville d'eau. Même aveu final de l'impossible détachement :

> ... " Sous le dessin la date
> S'épanouit complète ; elle me fait songer ;
> Le millésime écrit me force à prolonger
> Ma rêverie ; enfin, d'un coup d'oeil, j'examine
> La très chère écriture aisée et féminine ;
> Puis, tout bas, je relis pour la centième fois,
> Essayant d'évoquer, à chaque mot, la voix " (c).

(a) FOUCAULT (M.) : Raymond ROUSSEL, PARIS, GALLIMARD, N.R.F., 1963.

(b) ROUSSEL (R.) : La vue, PARIS, J.J. PAUVERT, 1963.

(c) ROUSSEL (R.) : Le concert, PARIS, J.J. PAUVERT, 1963.

Le graphisme technique échappe à cette difficulté de la communication pour deux raisons. La première, c'est qu'il ne renseigne que sur un univers restreint où les concepts et les représentations mentales qui sous-tendent les champs de définition auxquels se rapportent les signifiants sont cohérents et opératoires et limités à ce qui est nécessaire à un technicien dans cet univers : celui du corps de métier, de la corporation, de l'usine, du domaine industriel. Contrairement à ce que l'on a pu dire, le dessin technique, expression la plus typique du graphisme technique, n'est pas un " langage universel " ; c'est bien plutôt un moyen de communication international, marqué par son époque. C'est ce qui explique que certains dessins de la première partie de cete étude n'apparaissent comme non-signifiants ou mal-signifiants que si on omet de les situer dans l'univers technique du moment. Si le mode graphique figuratif occupe une place prépondérante en communication technique, c'est qu'il présente le signifié ou le signifiant proche du signifié (le dessin est du tri-dimensionnel en puissance ou une réplique du réel). Quant au passage du mode figuratif au mode semi-figuratif, puis symbolique, il s'est fait au fur et à mesure de l'apparition de concepts techniques suffisamment formés pour qu'on puisse se contenter d'un signe de rappel. L'histoire des représentations des filetages et des rivets est significative à cet égard. D'une représentation figurative très réaliste, on en est venu à des systèmes de signes combinables dans le cas des rivets, c'est-à-dire, ayant en l'occurrence tous les caractères d'un langage, mais d'un langage de caste. Fig.205

La seconde raison tient à ce que le graphisme technique, et particulièrement le dessin de définition de produit fini et le dessin d'exécution, est aussi peu équivoque et connotatif que possible au moment où il est produit. L'équivoque (ou connotation perceptive) dans un dessin ne peut venir que d'une faute contre la règle du renseignement nécessaire et suffisant ou d'une facture incorrecte ; elle est combattue par la codification des symboles et des idéogrammes, par la restriction du champ de définition au domaine technologique et par le laconisme du dessin. Quant aux jugements de valeur d'origine esthétique, idéologique ou technologique que l'on peut porter sur un produit, ils n'interviennent plus en phase finale. A l'exécution, le dessin - dans sa fonctionnalité actuelle - est un ordre. La meilleure preuve que l'on puisse donner de l'univocité du dessin technique normalisé est d'en confier un exemplaire à différents exécutants qualifiés. Aux tolérances près, tous les produits obtenus doivent être identiques.

II - ESSAI DE QUANTIFICATION DE L'INFORMATION

1 - RENSEIGNEMENTS ET INFORMATION

Pour savoir combien de renseignements sont portés par un dessin de définition de produit fini, la première voie qui s'offre à nous, la plus simple apparemment, est celle du comptage des renseignements considérés comme des unités dénombrables.

Mais choisir le renseignement comme unité, supposerait que nous accordions la même valeur à tous les renseignements, qu'ils soient figuratifs, idéographiques, chiffrés, symboliques ou écrits, et que nous puissions discriminer les renseignements en conservant une certaine cohérence dimensionnelle entre les quantités de renseignements d'origines différentes. Ceci fait déjà difficulté, mais le principal obstacle à un tel décompte en dessin provient évidemment des représentations figuratives, au sujet desquelles on peut hésiter sur ce que sera l'unité dénombrable à prendre en compte. Si, pour le dessin d'une pièce parallélépipédique représentée en trois vues (face, gauche, dessus), c'est le renseignement " parallélépipédique " qui est retenu, les trois vues compteront pour un seul renseignement. Il n'en va plus de même si le renseignement est la surface, l'arête ou le point. Mais comment détacher une surface du volume qu'elle limite ? D'où l'idée de faire de la forme fonctionnelle l'unité minimale distinctive, ce qui pose le problème ardu de savoir ce que recouvre le terme de " forme fonctionnelle ". Le titre même du dessin d'une pièce mécanique ne se rapporte pas à un assemblage de forme fonctionnelle, mais au rôle qu'a la pièce dans un ensemble, c'est toute la pièce avec toutes ses formes qui est fonctionnelle et la décomposition en formes fonctionnelles est aussi arbitraire que la décomposition en formes élémentaires.

Remarquons ici que " parallélépipède " renvoie à une classe d'êtres géométriques connus du récepteur : arêtes quatre à quatre parallèles et égales, angles droits, diagonales se coupant en leur milieu, inscriptibles dans une sphère, etc... Très souvent la proporiété géométrique " angle droit " n'est pas spécifiée sur le dessin, on la suppose pourtant incluse dans la définition générale de la classe des

" parallélépipèdes ". S'il en va autrement, la définition géométrique doit être assortie d'une définition technologique fixant les limites entre lesquelles l'angle sera " réputé " droit (l'expression est dans la norme NF E 60-100, juin 1965). Cette définition technologique, qui peut porter sur des formes, des positions relatives et des dimensions, ajoute des propriétés caractéristiques à la définition géométrique et les explicite. Si les formes étaient entièrement définies technologiquement, la définition géométrique n'aurait plus lieu d'être ; c'est ce vers quoi tend le dessin de définition très évolué. Le parallélépipède n'existe plus en tant que classe d'êtres géométriques, il n'existe qu'une forme définie par un ensemble de propriétés caractéristiques nécessaires suffisantes, rapportées à des références prises sur la pièce elle-même ou extérieurement. Dans cette éventualité, la quantité de renseignements peut être décomptée propriété spécifiée par propriété spécifiée, tant pour les représentations figuratives que pour les autres modes de représentation.

Hors de ce cas rare où la forme n'est que le support de propriétés caractéristiques diverses, définissant totalement l'objet, le domaine renseigné, comme l'ont montré WEILL-FASSINA (1) et LEPLAT (2), est très lié aux conditions d'accomplissement de la tâche et, d'une façon générale, à la formation et à la situation professionnelles du récepteur (Ceci confirme nos remarques précédentes sur le caractère tribal du dessin technique).

Un tourneur examinant un dessin technique s'intéresse d'abord aux renseignements sur le tournage et non à ceux sur le fraisage. Un mécanicien ne peut retirer beaucoup de renseignements d'un dessin d'électricité, domaine dans lequel il n'a pas de compétence. Indépendamment de l'influence de ses connaissances et de ses intérêts, le récepteur est toujours sensible à la connotation, même très faible, du graphisme technique, ce qui crée problème si l'on veut quantifier les renseignements du domaine renseigné exprimés sur le mode figuratif, symbolique, numérique et linguistique.

Nous avons fait, par ailleurs, l'expérience consistant à soumettre le dessin de définition d'une pièce à différents professionnels

---

(1) WEILL-FASSINA (A.) : La lecture du dessin industriel. Le travail humain, tome XXXVI, n° 1, 1973, pp. 121 à 140.

(2) LEPLAT (J.), PETIT (R.) : Relation entre le dessin et les exercices pratiques dans l'apprentissage d'un métier manuel, Bulletin du C.E.R.P., tome XIV, n° 1-2, 1965, pp. 117-124.

en formation. Tant dans le mode de parcours du dessin que dans le jeu des indices, l'origine professionnelle du récepteur joue un rôle prépondérant. Pour une pièce de fraisage, les meilleurs scores sont obtenus par les fraiseurs et les plus faibles par les chaudronniers (1).

Pour surmonter l'impossibilité dans laquelle nous sommes de nous appuyer sur la notion de " renseignements ", en dehors des limites opératoires qui sont celles de tout dessin (un dessin pour un type d'exécutant à un moment donné de l'évolution technique), c'est vers une décomposition en unités arbitraires - l'élément - que nous nous tournerons, en abandonnant délibérément toute référence à la mentalité et la situation professionnelles du récepteur (notion de renseignements nécessaires et suffisants) et au contenu du document graphique (notion de propriétés caractéristiques).

Ceci nous conduit à ne pas porter de jugement sur les défauts - au demeurant nombreux - que comporte le recueil de planches (2) qui nous servira de support dans la recherche du chapitre qui suit. Fig. 195à201
Nous avions espéré pouvoir exploiter la collection de documents de l'E.N.N.A. de Nantes (3), mais n'ayant pu bénéficier que d'un second tirage, nous avions commencé à travailler sur les planches de l'E.N.S.M. quand nous l'avons reçue.

---

(1) DEFORGE (Y.), GUTTIREZ (O.), SURLAIVE (C.), RABARDEL (P.) : Expérimentations sur le dessin technique, Recherches pédagogiques, I.N.R.D.P., 1975 (à paraître).

(2) PERRAUD (E.), SABATHE (D.) : Constructions mécaniques, petites études, Fascicule n° 1, Les cours de l'E.N.S.M., NANTES, 1962, 105 planches diverses.

(3) COLLECTIF : Bourse de documents de l'E.N.N.A. de Nantes, C.R.D.P. de RENNES, 2e tirage, 1974.

2 - CONTENU INFORMATIF DES DESSINS

Notre propos n'est pas de développer un chapitre de la théorie de l'information, mais de trouver aussi simplement que possible une façon de mesurer la quantité d'information portée par un dessin en substituant, comme nous l'avons dit, à la notion de renseignements nécessaires et suffisants à un exécutant celle de quantité d'information a priori.

Nous aborderons la question par un exemple choisi, comme tous ceux qui vont suivre, dans le recueil des 105 planches de l'E.N.S.M. de NANTES.

Le dessinateur qui exécute un dessin inscrit toujours, par obligation, l'échelle des représentations. Cette information a donc une probabilité d'existence de 1. Plus qu'un groupement de lettres ou qu'un mot, " ECHELLE " est un symbole qui peut prendre une configuration réduite(" ECH. "), [illegible] qui annonce la valeur du rapport entre les dimensions dessinées et les dimensions réelles d'une pièce ou d'un mécanisme. Pendant longtemps, la valeur de l'échelle a été un rapport effectif (1/1, 1/2, [illegible]/3). La norme NFE 04-101 de septembre 1963 stipule que, sauf en cas de besoin justifié, il faudra se limiter aux échelles ci-après :

- Grandeur d'exécution : 1
- Réduction : 0,5. (0,4). 0,2. 0,1. 0,05. (0,04). 0,02. 0,01...
  10^{-n} . $0,5 \times 10^{-n}$. $0,2 \times 10^{-n}$.
- Agrandissement : 2. 2,5. 5. 10. 20. 50. 100... 10^{n} . 2×10^{n} .

Pour les dessins de conception la norme recommande l'échelle 1.

En fait, en mécanique moyenne, l'échelle 1 et les échelles 0,5. 0,2. 2,5 et 5 sont les plus employées. La chaudronnerie industrielle, la mécanique horlogère, se partagent les autres plages de valeurs normalisées. Si on retient pour la mécanique moyenne la plage de 0,2 à 5, nous savons d'emblée que les probabilités d'emploi de ces échelles ne sont pas identiques puisque l'échelle 1 est privilégiée. Le recueil de l'E.N.S. de mécanique donne les fréquences suivantes, relevées sur 120 dessins et ramenées à la " fréquence pour un ".

Echelle	2	0,2	0,5	1	0,75	1,25
Fréquence	0,033	0,033	0,208	0,683	0,033	0,008

En prenant en main un dessin quelconque de la collection sans regarder l'échelle, il y a, a priori, 0,68 chance pour une d'avoir un dessin à l'échelle 1. Si ce dessin est effectivement à cette échelle, notre connaissance est passée de 0,68 à 1,00. Nous avons donc acquis une " quantité d'information " égale ici à 1,00 - 0,68 = 0,32. Ceci dans l'hypothèse que l'inscription de l'échelle est indépendante de toute autre influence, c'est-à-dire que la source qui émet le message " échelle tant " est indépendante d'autres sources émettant d'autres bribes de message.

Pour permettre l'additivité de cette quantité d'information Q avec d'autres, on la mesure par son logarithme.

Dans ce cas $Q = 1 - p_x$ devient $Q = \log 1 - \log p_x$ et comme $\log 1$ vaut 0 dans toutes les bases $Q = - \log p_x$.

En admettant, et cela peut toujours être fait, que l'analyse d'une situation repose sur une série de choix binaires traduisant en alternatives les recherches d'information : c'est une échelle 1 ou cela ne l'est pas, si ce n'est pas une échelle 1 , c'est une échelle inférieure à 1 ou une échelle supérieure, etc..., la base 2 est celle qu'il convient d'adopter pour le calcul : $- \log_2 p_x$ correspondant alors au nombre de choix binaires susceptibles de définir la situation sans ambiguïté et l'unité d'information est le bit.

Notre essai de mesure de la quantité d'information repose donc sur une décomposition du dessin en éléments et sur l'hypothèse que ces éléments sont émis par différentes sources indépendantes.

2 - 1 Premier mode de calcul : chaque dessin est représentatif de l'ensemble

Un premier mode de calcul consiste à déterminer a priori une unité de mesure par source et à multiplier cette unité par la longueur effective du message. Si la source émet avec régularité, l'unité peut être un nombre "H" caractéristique de l'émission pendant un temps " t ". La quantité d'information du message est donnée par le produit de H par t, temps total d'émission.

La formule de base est celle de Shannon qui donne, au prix de quelques simplifications, une mesure de la quantité d'information :

$$H = - \sum_{i=1}^{i=n} pi \log_{10} pi$$

$$Q = H \times N \times 3,33$$

où :

H : est le nombre caractéristique du message,

Pi : la probabilité d'apparition des éléments puisés dans un répertoire de n classes,

N : la " longueur " de la séquence en éléments,

Q : la quantité d'information en bits par le coefficient 3,33.

Si nous admettons que les 571 dessins des 105 planches du recueil ont tous la même origine et la même facture (dessins de produits finis d'ensembles mécaniques de moyenne dimension), c'est-à-dire qu'ils constituent un unique et long message issu d'une seule source : le dessinateur-émetteur, nous pouvons dire que la partie est représentative du tout, à la condition que cette partie contienne en proportion convenable des représentants des n classes d'éléments du message.

Si nous admettons que les 571 dessins sont issus de plusieurs sources indépendantes " horizontales ", les formes, le dimensionnement, etc..., le même raisonnement vaut pour chaque source indépendante.

Si nous voulons faire état de combinaisons entre sources comme celle des formes et celle des cotes et si l'on désigne par p_1 et par p_2 les probabilités des messages tels que celui constitué par un cercle avec ses axes sur une surface (soit la vue en bout d'un trou) et celui constitué par le symbole diamètre avec une valeur chiffrée, la probabilité de combinaison du cercle et du diamètre est beaucoup plus grande que ne l'indique le produit $p_1 \times p_2$, autrement dit, le contenu informatif de ce message est plus petit que la somme de ses composants. En faisant de l'une des sources la source principale et de l'autre une source associée, il serait possible d'établir une sorte de matrice des associations possibles et déterminer leur nombre caractéristique.

Un autre mode de mesure de la quantité d'information consiste à déterminer a priori la longueur du message de chaque source, à calculer l'information apportée par une source en nous servant de ce que nous avons dit à propos de l'échelle et à calculer proportionnellement l'information des autres sources.

Puisque nous avons précédemment discerné plusieurs modes de présentation de renseignements : de la présentation figurative à

l'écriture courante, nous pouvons adopter cette division pour la constitution des classes en faisant quatre classes :

C_1 - la classe des formes dont les éléments seront les sectionnements (forts et cachés), les symétries et les sectionnements spécifiés. (1),

C_2 - la classe des symboles dimensionnels dont les éléments seront les cotes chiffrées, linéaires, diamétrales et autres, et les ajustements et tolérances,

C_3 - la classe des symboles et artifices dont les éléments seront les symboles de forme et de position, les artifices codés, etc...,

C_4 - la classe des écritures diverses dont les éléments seront les mots et signes associés pris comme des entités.

Un pointage sur 25 dessins du recueil donne les résultats suivants. Etant donné l'imprécision des définitions des éléments, il faut prendre ces pourcentages à $\pm$ 2 % près.

		Nb. éléments	P %
C_1	FORMES	4000	66
C_2	DIMENSIONNEMENT	1500	24
C_3	SYMBOLES CODES	400	7
C_4	ECRITURES	200	3

Dans l'hypothèse d'une source unique, ceci signifie que, pour exécuter les 571 dessins considérés, un dessinateur, chronométré sur un laps de temps donné, passerait 66 % de son temps à tirer des traits, 24 % à mettre des cotes, 7 % à mettre en place les symboles codés et 3 % à écrire.

Ceci est assez plausible en ce qui concerne des dessins de la facture de ceux du recueil pour lesquels la part du figuratif l'emporte nettement sur le symbolique. Une vérification possible consisterait à faire calquer ces dessins et à chronométrer le temps passé à dessiner les éléments dans chacune des classes retenues. Si notre raisonnement tient en ce qui concerne l'émission, il semble plus discutable si l'on considère la réception qui, elle, valorise certains

(1) Définis comme étant une unité linéaire continue ou interrompue tracée sans changer de direction ou sans lever l'instrument (pour les cercles et courbes).

renseignements au détriment d'autres. Mais en passant du renseignement à l'information, nous avons abandonné toute référence à la signification. Dans ce cas, la durée de la réception peut être considérée comme identique à celle de l'émission.

Dans l'hypothèse d'une source unique et en admettant que les pourcentages trouvés s'appliquent à tous les dessins (source très cohérente), nous pouvons calculer H pour la famille des 571 dessins.

$$H = -3,33 \sum_{1}^{4} pi \ \log_{10} pi$$

$$H = -3,33 \left[0,66 \log_{10} 0,66 + 0,24 \log_{10} 0,24 + 0,07 \log_{10} 0,07 + 0,03 \log_{10} 0,03 \right]$$

$$H = \simeq 1,20$$

Pour calculer Q il faut aussi disposer d'un moyen d'évaluation de la longueur d'un dessin pris dans la série. Parmi les données qui peuvent être choisies comme caractéristiques de la " longueur " du message, la masse est la plus immédiate. L'estimation " au poids " de la quantité d'information du dessin d'une pièce n'est pas aberrante si l'homogénéité technologique est grande. Rien ressemble plus au dessin d'un mors fixe en fonte que le dessin d'un autre mors fixe en fonte. C'est ce que confirme l'examen des dessins du recueil où, sur les 80 ensembles détaillés, 13 sont justement des dispositifs de serrage du type " ETAU ". Une autre donnée, moins immédiate mais plus plausible, est la surface ou le périmètre des surfaces occupées par le dessin, cette " longueur " étant elle-même fonction du volume de la pièce, de ses formes, de l'échelle adoptée, des artifices dont l'emploi modifie la longueur.

Pour avoir une référence, nous avons demandé à vingt professeurs de classer cinq dessins d'après la " quantité de renseignements " qu'ils contenaient et, si possible, de chiffrer cette quantité en faisant connaître la nature des renseignements pris en compte. Quatre experts n'ont pas répondu à ces deux dernières questions. Fig.195 à 199

Les résultats ont été particulièrement incohérents puisque l'amplitude du classement est de 1 à 5 pour chaque dessin.

	du plus chargé au moins chargé				
A	1	2	3	4	5
A 8 a	0000 0000	0000 0	00	0	0000
A 11 b	0000	0000 000	000	00	0000
A 11 c	0000	0	0000 0000	000	000
A 12 d	000	0000 00	000	0000 0	000
A 12 g	0	0	0000	0000 0 0000	0000 0

Quant aux renseignements dénombrés, ils vont de 3 à 89.

	A 8 a	A 11 b	A 11 c	A 12 d	A 12 g
Nb. de renseignements	3 à 89	4 à 67	4 à 53	5 à 34	5 à 49

Les experts n'étant d'accord entre eux, ni sur la quantité de renseignements contenue dans chacun des dessins qui leur ont été proposés, ni sur une hiérarchisation de ces dessins d'après cette quantité de renseignements, nous n'avons pas pu nous servir de ces résultats pour les comparer aux nôtres. Cette absence de consensus sur ce qui pourrait être le renseignement était à prévoir (cf. paragraphe précédent), mais elle dépasse ici les limites de la diapersion prévisible. Nous avons noté plus haut que la notion de renseignement était relative, ici les experts ont réagi en professeurs. Certains ont sanctionné un dessin ou un autre pour le non-respect de la normalisation, d'autres ont valorisé les " notions à faire acquérir aux élèves ", presque tous ont compté comme une unité la coupe, la section, la vue (multipliée par le nombre de vues), confondant le renseignement et l'artifice de présentation.

Ayant choisi de tabler sur l'information, nous avons, de notre côté, essayé de l'exprimer par la masse (à $\pm$ 2 % près) et le périmètre dessiné avec les artifices (mesuré au graphomètre).

	$A\ 8_a$	$A\ 11_b$	$A\ 11_c$	$A\ 12_d$	$A\ 12_g$
Masse de la pièce (Ech.1) ± 2 %	11	9,5	8,5	4,0	1,0
Masse à l'échelle du dessin	5,5	4,75	4,25	2	0,75
Périmètre dessiné avec les artifices (cm)	240	200	180	87	130

Le facteur H, identique pour les cinq pièces, ne modifie pas les deux classements ainsi obtenus (par la masse et par le périmètre). Il est évident que les deux pièces $A\ 12_d$ et $A\ 12_g$ n'appartiennent pas à la même famille que les trois premières, ce qui rend inopérant notre premier essai de quantification pour les dessins considérés.

2 - 2 Second mode de calcul : chaque dessin appartient à une famille

Abandonnant l'hypothèse d'une source unique, nous avons essayé de discriminer les pièces par familles, d'après la technologie.

Sur 50 dessins pris au hasard dans le recueil on trouve :
- 54 % de pièces en acier ordinaire (repère acier doux),
- 24 % de pièces en aciers spéciaux et aciers de trempe,
- 22 % de pièces en fonte (Ft 14).

Ces matières d'oeuvre conditionnent la teneur en information dans la mesure où les aciers spéciaux sont employés pour des pièces plus spécifiées que les pièces en acier ordinaire. Quant aux pièces en fonte, leurs particularités de forme et d'emploi les distinguent effectivement des deux précédentes. C_1 y est majoritaire.

Les pourcentages moyens, C_1, C_2, C_3, C_4, établis sur 25 pièces, sont à moduler en fonction des répartitions propres à chacune des sources ou ensembles disjoints, constitués par les dessins émis sous trois titres : pièces en acier spécial, pièces en acier ordinaire, pièces en fonte.

Le calcul de H pour 25 nouveaux dessins (5 dessins représentatifs des trois ensembles) donne approximativement les valeurs suivantes :

H acier spéc. = 1,8 H acier ordin. = 1,3 H fonte = 0,9

La variation de H est explicable par le fait que H (parfois appelé entropie) (1) exprime la dispersion ou l'état de désordre d'un ensemble. La source " Aciers spéciaux " disperse plus régulièrement les éléments dans les 4 classes que la source " Fonte " qui concentre les éléments dans la classe " Formes " (C_1). Si nous avions des classes plus affinées, il est probable que l'effet de la disjonction en trois ensembles se ferait mieux sentir sur H qui est aussi sensible au nombre de classes.

Il n'y a pas de pièce en acier spécial parmi les cinq dessins témoins, mais les pièces des dessins $A\ 8_a$, $A\ 11_b$, $A\ 11_c$, sont en fonte et les pièces $A\ 12_d$ et $A\ 12_g$ en acier ordinaire.

L'application des coefficients différenciés au périmètre dessiné donne un autre classement.

$A\ 8_a$	240 × 0,9	Q bits = 200
$A\ 11_b$	200 × 0,9	180
$A\ 11_c$	180 × 0,9	160
$A\ 12_d$	87 × 1,3	110
$A\ 12_g$	130 × 1,3	170

La procédure de mesure de l'information portée par un dessin quelconque pris dans le recueil est donc :

---

(1) Dans la théorie statistique de la thermodynamique l'entropie mesure l'absence d'information sur un système.
Un système fermé isolé peut avoir été créé artificiellement avec une structure dont l'entropie est H_o.

$$H_o = - k \sum_1^n pi \log pi$$

Le système abandonné à lui-même évolue normalement vers la structure la plus probable où tous les pi sont égaux.

$$H_1 = - k\ n\ pi \log pi$$

$$H_1 = - k \log P$$

ou P est égal à n pi et $k = 1{,}38 \times 10^{-16}$ en ergs par degré centigrade (constante de BOLTZMANN).
L'entropie est alors maximale.
L'information est mesurée par BRILLOUIN par le négatif de l'entropie ou néguentropie.

BRILLOUIN (L.) : La science et la théorie de l'information, PARIS, MASSON, 1959.

- prendre un dessin,
- regarder en quelle matière est faite la pièce dans la nomenclature,
- prendre le H correspondant,
- mesurer le périmètre de vues P,
- faire le produit de P par H pour avoir la quantité d'informations en bits.

Nous avons procédé à quelques sondages en faisant :

1° - un classement visuel et intuitif des 5 dessins (A 15, 1, 2, 3, 4, 5) d'après l'information " à première vue " (estimation personnelle de l'auteur) : Fig.201

Classement	1	2	3	4	5
Rep. :	A 15 $_5$	A 15 $_1$	A 15 $_3$	A 15 $_2$	A 15 $_4$

2° - l'application de la procédure de mesure donne :

Rep. :	A 15 $_1$	A 15 $_2$	A 15 $_3$	A 15 $_4$	A 15 $_5$
P cm	30	27	29	13,6	23,6
H	1,3	1,3	1,3	1,3	1,8
Q (bits)	39	35	37,7	16,6	42,4

Soit le même classement que celui établi intuitivement.

Même expérience avec 7 dessins de la planche A 18 dont la nomenclature est reproduite ci-dessous : Fig.200

Rep.	Nb	Désignation	Matière
7	1	Tête à couteau	A 45 CTR
6	1	Tête en vé	A 45 CTR
5	1	Tête sphérique	A 45 CTR
4	1	Vis de blocage	A 45
3	1	Ecrou moleté	A 45
2	1	Vis de levée	A 60
1	1	Corps	Ft. 14

VERIN A VIS à tête amovible	Echelle : 1
	A 18

Le classement intuitif d'après l'information " à première vue " (estimation personnelle de l'auteur) est le suivant :

Classemt.	1	2	3	4	5	6	7
Rep.	A 18_1	A 18_2	A 18_3	A 18_7	A 18_5	A 18_6	A 18_4

On remarque que ce classement suit celui établi par le dessinateur dans sa nomenclature avec une permutation A 18_7 , A 18_4 . C'est qu'en effet, pour le dessin d'une planche comme la planche A 18, le dessinateur suit grossièrement l'ordre d'importance des pièces, importance volumique tout autant que fonctionnelle.

L'application de la procédure de mesure est rendue un peu incertaine par notre algorithme de mesure qui s'adapte mal aux dimensions réduites des dessins de la planche A 18.

Rep.	A 18_1	A 18_2	A 18_3	A 18_4	A 18_5	A 18_6	A 18_7
P(cm)	45	22	8,4	4,1	7	6	13,5
H	0,9	1,8	1,3	1,3	1,8	1,8	1,8
Q(bits)	41	40	11	5	13	11	24
Classemt.	A 18_1	A 18_2	A 18_7	A 18_5	A 18_3	A 18_6	A 18_4

La pièce A 18_3 régresse du fait de sa matière : conformément à notre hypothèse, les pièces A 18_5 , 6 et 7 en acier pour traitement thermique sont effectivement plus chargées en information (ajustement du tenon).

Supposons que nous ne nous intéressions plus seulement aux dessins du recueil mais à tous les dessins d'une branche technique déterminée (industrie automobile, marine, aviation) et que nous souhaitions qualifier et classer ces dessins par leur charge informative avec un dispositif de calcul assez sensible mais pas trop coûteux à mettre en oeuvre.

Nous nous appuierons sur ce que nous avons appelé le deuxième mode de calcul (bien que le premier puisse encore être utilisé) et nous ferons des dessins du recueil non plus un ensemble clos, mais un échantillon représentatif de tous les dessins d'outillage des années 1950 - 1960, période à laquelle la facture de ces dessins les rattache sans conteste.

La charge informative de ces dessins est tributaire de deux sources principales que nous considérerons comme étant indépendantes, à savoir: la source des formes et la source des cotes. En dissociant la cotation de la représentation des formes, nous pouvons plus librement tenir compte des disparités qui existent effectivement et qui nous ont conduits précédemment à séparer les dessins des pièces en trois ensembles disjoints.

Pour les formes, nous avons cherché des éléments et des classes d'éléments qui soient de bons descripteurs.

Nous avons d'abord essayé de décomposer les formes en formes élémentaires comme certaines méthodes de dessin le préconisent, pensant que ce qui était insoutenable du point de vue fonctionnel pouvait avoir quelque intérêt du point de vue de l'information. Une application en tablant sur une source à cinq classes, n'a pas donné des résultats satisfaisants pour des pièces tant soit peu tourmentées. Une décomposition plus fine revenant à une description détaillée de la pièce et représentant donc plus d'intérêt pour un calcul rapide, nous avons délaissé ces éléments et essayé les usinages (4 classes de formes usinées).

FORMES ELEMENTAIRES	P %	FORMES USINEES	P %
Plaques	24	Surfaces, chanfreins, pans	47
Prismatiques à base carrée ou rectangulaire	18	Cylindres lisses extérieurs (et cônes)	17
Prismatiques à base autre que ci-dessus	12	Cylindres lisses intérieurs (et cônes)	23
Cylindroconiques	38	Filetages inter. et exter.	13
Autres formes	8		

Les éléments retenus, s'ils permettent de décrire correctement les pièces usinées, conduisent à ne plus prendre en considération les formes non usinées des pièces de fonderie. Une possibilité serait peut-être de combiner les deux tableaux en cherchant les probabilités d'obtenir des associations deux à deux, trois à trois, etc... des formes générales et des formes usinées, ou tout simplement à ne faire qu'une seule source.

Nous avons aussi essayé de prendre en compte la longueur des traits bruts ou pondérés, comme cela a déjà été fait à propos de

la clarté. La longueur des traits mesurée au graphomètre, sans pondération, donne les résultats suivants :

TRAITS	P %
Forts	54
Mixtes	19
Axes	20
Filetages (filets)	6
Autres	1

L'intérêt des traits est leur facilité de mesure et la précision des résultats. Les défauts proviennent d'une nécessaire pondération (différencier nettement le mixte des axes, ramener ou non à l'échelle 1) et des perturbations introduites par les interruptions et les symétries codées (voir dessin A 12 $_d$) qui diminuent considérablement la longueur de trait sans affecter la quantité d'information. Le biais qui consisterait à mesurer les longueurs minimales et à considérer toutes les longueurs supplémentaires comme redondantes, serait hasardeux, la deuxième moitié dessinée d'une pièce symétrique n'est pas toujours superflue. Fig.198

En définitive, nous nous sommes arrêté, pour les formes, aux sectionnements déjà cités en distinguant six classes d'éléments caractérisant les formes ou se rattachant directement aux formes.

FORMES	P %	px	$\log_{10}$ px	$-\log_{10}$ px	$-\log_2$ px
FORMES VUES (sectionnements)	50	0,50	$\bar{1}$,700	0,300	1,0
FORMES CACHEES (sectionnements)	25	0,25	$\bar{1}$,400	0,600	2,0
SYMETRIES (sectionnements)	10	0,10	$\bar{1}$,000	1,000	3,3
SECTIONNEMENTS spécifiés	6	0,06	$\bar{2}$,780	1,220	4,0
FILETAGES (sectionnements)	5	0,05	$\bar{2}$,700	1,300	4,3
SECTIONNEMENTS SPECIAUX (coupes, arrêts)	4	0,04	$\bar{2}$,600	1,400	4,6

Ces pourcentages ont été établis à partir de 25 dessins dont 10 pris en dehors du recueil, mais représentatifs de la facture des des-

sins d'outillage de l'époque considérée (1950 - 1960)

Les sectionnements spécifiés sont les portions de trait correspondant à des surfaces qui, sur le dessin, portent des spécifications d'état. Ces sectionnements ne sont pas comptés dans les deux pourcentages précédents . Les spécifications de forme et de position des surfaces n'étant pas employées sur les dessins de l'époque, nous n'avons pas eu à résoudre le problème de leur intégration dans la mesure de l'information. Les avantages du décompte des sectionnements sont que ce décompte n'est pas sensible à l'échelle du dessin et que l'effet des symétries non rejetées est atténué, contrairement à ce qui se passait avec la longueur des traits.

Pour les cotes, nous avons aussi retenu quatre classes d'éléments qui nous ont semblé décrire correctement le dimensionnement tel qu'il est fait sur les 25 dessins en question (1).

DIMENSIONNEMENT	P %	px	$\log_{10}$ px	$-\log_{10}$ px	$-\log_2$ px
COTES LINEAIRES	45	0,45	$\bar{1},653$	0,347	1,2
COTES DIAMETRALES	3	0,37	$\bar{1},[illegible]$	0,452	1,4
COTES AJ. et TOL.	10	0,10	$\bar{1},000$	1,000	3,3
COTES ANG. et SPEC.	8	0,08	$\bar{2},903$	1,097	3,7

Pour les symboles et artifices, les normalisations actuelles donnent une vingtaine de codes de 1 à 100 signes dans lesquels l'émetteur peut puiser. Encore qu'il faille distinguer, trois grands groupes parmi ces codes.

Les symboles électriques, les idéogrammes sur commande des machines, une partie des signes du code des soudures, s'éliminent d'eux-mêmes comme ayant peu de relation avec les dessins de mécanique moyenne.

D'autres codifications comme les artifices de présentation : sections sorties, sections rabattues, coupes rectilignes, demi-coupes, coupes brisées à plans parallèles, coupes ramenées, coupes locales, etc..., n'apportent pas d'information par elles-mêmes, elles ne font

(1) Dans notre calcul les incertitudes sur px et sur $-\log_{10}$ px et l'erreur introduite par la multiplication de $-\log_{10}$ px par 3,33, valeur approchée par défaut, font que $-\log_2$ px est incertain quant à sa deuxième décimale.

qu'améliorer l'accès à l'information. Le cas des coupes mérite cependant réflexion : une coupe transforme sur le dessin les arêtes et surfaces cachées en arêtes et surfaces vues, c'est-à-dire que dans notre décompte des éléments qui auraient pu figurer dans la classe des sectionnements cachés seront comptés dans la classe des sectionnements vus ; or, le H de cette classe est moindre que le H de la classe des formes cachées. Nous arrivons à cette situation discutable : le dessin d'une pièce comporterait plus d'information non coupé, alors qu'en faisant une coupe, si l'on n'a pas cherché à augmenter l'information relative aux formes concernées, on a du moins cherché à ne pas en perdre. Il y a bien une perte due à la disparition de la partie supposée enlevée, mais ceci est pris en compte puisque les sectionnements absents ne sont pas comptés. La seule justification que nous puissions avancer est que chaque dessin est tributaire de tous les autres par l'intermédiaire des pourcentages établis. Cette rigidité est le tribut d'un mode de calcul qui reste assez grossier.

Le troisième groupe des symboles peut encore faire l'objet d'un classement fécond. Le pointage auquel nous nous sommes livré fait pourtant ressortir une dispersion difficile à maîtriser, comme pour les écritures. Nous avons relevé sur les 104 planches du recueil tous les " mots " écrits dont nous avons déjà dit qu'il s'agissait de sortes de symboles plus que d' éléments constitutifs de phrases. Cette liste fait apparaître deux groupes distincts : la classe des " mots " qui apparaissent très souvent : matière, échelle, usiné partout, coupe, section, et la classe des " mots " qui n'apparaissent que par hasard : gratté, à enlever au montage, etc... Là encore, le raisonnement qui consiste à dire que les " mots " les plus rares sont les plus informants est difficile à appliquer. Si nous excluons les indications comme " coupe AA " , " section BB " et les noms des vues parfois indiqués et effectivement redondants, toutes les autres écritures sont à compter comme des unités apportant chacune un renseignement nécessaire et chaque fois impossible à prévoir a priori, comme peuvent l'être les lettres de l'alphabet ou les mots d'un auteur. Le simple terme " ANNULÉ " que l'on trouve parfois en travers de dessins, pose un problème dans le cadre de la théorie de l'information. A lui seul, il détruit tous les renseignements du dessin, alors que d'un poin de vue théorique il en apporte ; de même deux traits en croix sur une vue. La loi générale liant le rang à la fréquence

quand il s'agit de texte cohérent (loi de ZIPF) ne joue pas ici (1). Sur les quelques 5000 écritures relevées sur le recueil, nous avons 600 fois le mot " vis ", 400 fois le mot " trou ", mais le reste des termes se disperse sans loi apparente. Nous devons dire : sans loi apparente, car le dessinateur-émetteur a toujours quelques habitudes, voire des tics, qui se manifestent dans la présentation comme dans le contenu technique des documents qu'il produit. Ainsi nous avons remarqué dans la première partie de ce travail (p. 91), en parlant de la collection de dessins de machines de C.N.A.M., qu'il était possible de reconnaître le " coup de patte ", la façon de faire, d'un LEBLANC ou d'un ARMENGAUD.

Peut-être faudrait-il plus systématiquement considérer le dessin comme un texte d'auteur et rechercher :

- les fréquences des associations de formes fonctionnelles dans les solutions constructives pour un type de dessin donné à une époque donnée,
- les fréquences d'associations inter-classes : un guidage et un ajustement, un déplacement et une lubrification,etc... comme nous l'avons esquissé lors de l'étude des dessins des grands Atlas de la Marine,
- les fréquences de formes typiques pour les parties moins déterminées comme nous l'avons fait pour l'esthétique des formes,
- les fréquences d'écritures, comme pour les conseils qualitatifs (ajusté, serré, etc...) que l'on a vu disparaître progressivement puis réapparaître sur certains dessins récents d'origine américaine.

C'est un aspect intéressant à la fois la linguistique, la psycho-sociologie de la communication et la technologie que laisse échapper la théorie de la communication dans une application aussi rudimentaire que celle que nous en faisons. Là peut-être se trouve le fondement de la science nouvelle que serait " la graphique technique ".

Pour les symboles et les écritures dont nous nous contenterons d'admettre qu'ils représentent en quantité d'information un certain pourcentage des informations apportées par les deux sources principales : formes et dimensionnement ; les pourcentages de 7 % pour les symboles codés et de 3 % pour les écritures, précédemment établis pour les dessins du recueil, sont à retenir pour les dessins de cette époque. La mesure de l'information pour les formes comme pour les cotes est donnée par le produit de $-\log_2 px$ multiplié par le nombre d'éléments comptés sur les dessins examinés.

---

(1) GUIRAUD (P.) : Codage et information, in Le langage, PARIS, GALLIMARD, Coll."Pléiade", 1968, pp. 149-167.

FORMES	-log2 px	A 8_a	A 11_b	A 11_c	A 11_d	A 11_g
Sectionnements [illegible]	1,0	168	132	66	55	36
Sectionnements [illegible]	2,0	107	20	7	28	51
S/mé[illegible] (sectionnem.)	3,3	24	15	10	11	24
Sectionnements spécifiés	4,0	13	16	8	4	6
Filetage (sectionnem.)	4,3	8	4	4	0	22
Spé[illegible] (mes. arrêts)	4,6	4	9	8	11	0
TOTAL des [illegible] (T_F) (non [illegible] par -log2 px)		324	196	103	109	139

DIMENSIONNEMENT	-log2 px	A 8_a	A 11_b	A 11_c	A 12_d	A 12_g
Cotes [illegible]	1,2	54	32	31	17	30
Cotes diamétrales	1,4	17	14	8	10	9
Cotes [illegible] -[illegible]rales	3,3	4	4	1	3	4
Cotes spéciales	3,7	1	0	1	1	1
TOTAL des cotes (T_D) (non [illegible] par [illegible] px)		76	50	41	31	44

Les résultats des -log2 px par les formes et les cotes seront tributaires des approximations sur les populations constitutives des classes et sur celles des -log2 px ce qui donne une incertitude importante sur T_F et T_D avec cependant le phénomène de compensation statistique qui réduit les dispersions des résultats. Compte tenu des approximations faites, les résultats $Q_F + Q_D$ sont valables à ± 2% (1).

Formes et cotes par $-\log_2$ px	A 8_a	A 11_b	A 11_c	A 12_d	A 12_g
Q_F	567	348	202	218	334
Q_D	103	70	54	48	64
$Q_F + Q_D$	670	418	256	266	398
$T_F + T_D$	300	246	144	140	183

(1) Un contrôle par programme de calcul sur une calculatrice de bureau nous a confirmé ces résultats obtenus manuellement.

Le classement des cinq dessins par la quantité $Q_F + Q_D$ est :

Classement	1	2	3	4	5
Rep. :	A 8 $_a$	A 11 $_b$	A 12 $_g$	A 12 $_d$	A 11 $_c$

Classement déjà trouvé avec les périmètres :

Périmètre × H	200	180	170	160	110
$Q_F + Q_D$	670	418	398	266	256
Repères :	A 8 $_a$	A 11 $_b$	A 12 $_g$	A 12 $_d$	A 11 $_c$

3 - 3 Troisième mode de calcul : chaque dessin constitue une source indépendante

Enfin, à titre de comparaison, nous avons supposé que chaque dessin constituait une source " verticale " indépendante et nous avons calculé H_F et H_D pour chaque dessin puis les produits H_F et H_D par les éléments totaux, soit $Q_{HF} + Q_{HD}$ le résultat.

	H_F	$H_F \times T_F = Q_{HF}$	H_D	$H_D \times T_D = Q_{HD}$	$Q_{HF} + Q_{HD}$
A 8 $_a$	1,77	573	1,14	86	659
A 11 $_b$	1,70	333	1,24	62	395
A 11 $_c$	1,80	185	1,03	42	227
A 12 $_d$	1,86	202	1,45	45	247
A 12 $_g$	2,10	281	1,30	57	338

Le parallélisme entre $Q_F + Q_D$ et $Q_{HF} + Q_{HD}$ est constant ($\simeq$ 1,15), il est donc possible, si ce rapport a une constance effective, de préconiser l'algorithme suivant pour un dessin quelconque :

REPERES :	A8				A 9				A 10				A 12				A 2			
FORMES	Nb.	px	-log10 px	px × -log10 px	Nb.	px	-log10 px	px × -log10 px	Nb.	px	-log10 px	px × -log10 px	Nb.	px	-log10 px	px × -log10 px	Nb.	px	-log10 px	px × -log10 px
Formes vues (sect.)	162	0,50	0,300	0,150	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
Formes cachées (sect.)	104	0,32	0,490	0,161	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
Symétries (sect.)	34	0,02	1,700	0,034	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
Sect. spécifiés	13	0,04	1,400	0,056	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
Filetages	3	0,03	1,520	0,045	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	1,700	0,056	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
Sect. spéciaux	4	0,02	1,700	0,034	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	0,086	[illegible]	0,10	1,000	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
TOTAUX	324			0,534	146			0,513	[illegible]			0,541	[illegible]			0,560	139			0,631
H_P =	0,534 × 3,33 ≃ 1,77				0,513 × 3,33 ≃ 1,70				0,541 × 3,33 ≃ 1,80				0,560 × 3,33 ≃ 1,86				0,631 × 3,33 ≃ 2,10			

FORMES																				
Cotes linéaires	54	0,70	0,158	0,110	32	0,64	0,198	0,126	33	0,75	0,122	0,091	17	0,55	0,774	0,332	30	0,68	0,174	0,118
Cotes diamétrales	17	0,22	0,660	0,145	14	0,28	0,576	0,161	8	0,20	0,700	0,140	10	0,32	0,500	0,100	9	0,20	0,700	0,140
Cotes aj. et tolér.	4	0,06	1,400	0,056	4	0,08	1,100	0,088	1	0,025	1,600	0,040	3	0,10	1,000	0,100	4	0,10	1,000	0,100
Cotes ang. spécif.	1	0,02	1,700	0,034	0	0			1	0,025	1,600	0,040	1	0,03	1,520	0,045	1	0,02	1,700	0,034
TOTAUX	76			0,345	50			0,375				0,311	31			0,437	44			0,392
H_D =	0,345 × 3,33 ≃ 1,14				0,375 × 3,33 ≃ 1,24				0,311 × 3,33 ≃ 1,03				0,437 × 3,33 ≃ 1,45				0,392 × 3,33 ≃ 1,30			

Faire la somme T_F des éléments pour la source des formes.

- Faire la somme T_D des éléments pour la source des dimensions.
- Calculer H_F,
- Calculer H_D,
- Faire les produits $H_F \times T_F = Q_{HF}$ et $H_D \times T_D = Q_{HD}$.
- Faire la somme des résultats.

La valeur trouvée est la quantité d'information en bits pour les formes et les dimensions dans l'hypothèse où les classes déterminées ont quelque valeur. Il reste encore à ajouter à ce résultat la quantité d'information correspondant aux symboles et aux écritures. Comme nous manquons d'estimateurs valables, nous nous contenterons d'ajouter à $Q_F + Q_D$ les 7 % + 3 % adoptés au début de cette étude. Mais la facture même du dessin pourrait, dans le cas de dessins n'appartenant pas à une famille définie, nous guider vers d'autres pourcentages

Repères :	A 8 a	A 11 b	A 11 c	A 12 d	A 12 g
Q Total (bits)	129	435	250	272	372

[illegible] de la redondance

Une question peut encore se poser, indépendamment de celle de la validité de ces calculs : les mesures auxquelles nous arrivons sont-elles plausibles

On sait que le débit d'information de la langue française, considérée comme une séquence de lettres, est d'environ 4 bits/seconde (1) et peut augmenter sensiblement suivant le mode d'appréhension. L'expérience, consistant à demander à quelques sujets de marquer d'un trait les sectionnements d'un dessin (source des formes) et d'entourer d'un cercle les cotes (source du dimensionnement), nous a donné pour les dessins A 11_c et A 12_g un temps moyen de 90 secondes pour A 11_c et de 120 secondes pour A 12_g. Soit un débit de 3 bits par seconde environ. Débit faible, sans rapport avec le débit réel d'une source d'informations graphiques du type dessin de méca-

(1) MOLES (A.) : Théorie de l'information et perception esthétique, PARIS, DENOEL, 1972.
COLLECTIF : La communication, Dictionnaire du savoir moderne, Paris, C.A.L., 1971.

nique moyenne quand le récepteur intervient avec une motivation bien précise. En général, la prise de renseignement polarise la perception et l'active dans la mesure où le récepteur sait ce dont il a besoin. C'est le même phénomène que pour la lecture où le débit en signes par seconde est très variable suivant les conditions expérimentales (1). Dans notre expérience, comme il ne s'agissait que d'un comptage sans recours à la compréhension des formes avec le handicap supplémentaire d'un marquage au crayon des sectionnements et des dimensions, le chiffre de 3 bits/seconde est plausible.

La redondance effective considérée comme le taux de répétition des renseignements dans un dessin est élevée pour les formes du fait des symétries nombreuses et souvent conservées (alors qu'elles pourraient être symbolisées) et du dessin en plusieurs vues qui présentent différemment les mêmes formes. Par contre, les symboles sont très peu redondants, en particulier les dimensions chiffrées, si elles peuvent être retrouvées par les formes et l'échelle, ne sont pratiquement pas reconstituables en ce qui concerne les tolérances. Cette disparité entre les formes et les spécifications est frappante. L'explication qui consisterait à dire que la forte redondance du figuratif compense les " bruits optiques ", tels que défauts dans le tracé ou la reproduction, effacement progressif du document utilisé par jaunissement, salissure, etc..., n'est plus valable pour les dimensions. Peut-être y a-t-il là la trace d'une juxtaposition de deux origines (et de deux fonctions) du dessin : l'ancien dessin de définition des formes, redondant pour faciliter la prise de renseignements, résister au temps et permettre la mesure directe des dimensions avec un contrôle de vue à vue; et le dessin de définition dimensionnelle, plus récent, où la partie figurative n'est plus que le support des spécifications pour lesquelles on a voulu faire l'économie des répétitions ; sauf dans quelques cas (coupes avec flèche et lettre à chaque extrémité, signes de symétrie doublés, cotes égales de part et d'autre d'un axe de symétrie qui marque déjà l'égalité).

La redondance relative R peut être calculée en faisant le rapport du Ho de la source et du Hî que donnerait une équiprobabilité des classes pour chaque source. Nous nous placerons dans la

---

(1) RICHAUDEAU (F.) : La lisibilité..., op. cité, (1969).

troisième hypothèse : celle où chaque dessin constitue une source " verticale " indépendante, dans ce cas Ho = H_F ou H_D .

$$R = 1 - \frac{Ho}{H1}$$

Comme nous avons 6 classes pour la source des formes et 4 classes pour la source du dimensionnement :

$$H1_F = -3,33 \sum_{1}^{6} 1/6 \log_{10} 1/6$$

$$H1_F = 3,33 \log_{10} 6 \qquad H1_F = 2,59$$

$$H1_D = -3,33 \sum_{1}^{4} 0,25 \log_{10} 0,25$$

$$H1_D = 3,33 \log_{10} 4 \qquad H1_D = 2$$

La redondance relative est alors pour chacune des sources :

Rep. :	A 8_a	A 11_b	A 11_c	A 12_d	A 12_g
R_F	31 %	35 %	30 %	28 %	18 %
R_D	43 %	38 %	48 %	27 %	35 %

Il s'agit bien ici d'une redondance des éléments et non d'une redondance des formes ou des cotes nominales. Par exemple, la faible redondance relative du dessin A 12_d ne peut être attribuée au fait que les symétries ont été supprimées puisque le A 12_g qui présente deux vues sur trois symétriques a un R_F encore plus faible. Par contre, nous pouvons remarquer que le A 12_g est le seul dessin qui n'a pas de coupe, c'est-à-dire où l'on n'a pas artificiellement transformé des parties cachées en parties vues, ce qui maintient une meilleure répartition des sectionnements. R serait donc un indicateur de répartition des sectionnements. Une interprétation plausible montre les limites des calculs précédents, mais nous conduit aussi à un aboutissement au plan de la réflexion.

Supposons que le dessinateur-émetteur dispose d'un stylo à encre de Chine à pointes calibrées interchangeables ; chaque pointe faisant le trait correspondant à une largeur de trait : 0,6 mm pour les traits forts (sectionnements vus) ; 0,3 mm pour les traits interrompus courts moyens (sectionnements cachés), etc...

Une pointe très peu utilisée étant peu rentable pour des raisons d'encombrement et d'entretien, le meilleur emploi que le dessinateur puisse faire de son matériel est un emploi équiprobable. Ho_F tend alors vers $H1_F$ (2,59) et Ho_D vers 2.

Cette tendance à la complexion équiprobable est aussi une tendance " naturelle ". Si le dessinateur prenait ses pointes au hasard, au bout d'un grand nombre de tracés on s'apercevrait que les fréquences d'emploi s'équilibrent dans les six classes.

La répartition la plus probable est aussi la plus informante globalement car elle permet les combinaisons de traits les plus nombreuses et les plus originales. Ceci explique que H soit parfois donné comme un indice d'originalité et le rapport Ho/H1 comme l'originalité relative du message.

A l'extrême limite, l'utilisation exclusive d'une seule pointe donnera des traits toujours identiques avec, quant aux traits, une redondance maximale :

$$R = 1 - \frac{0}{H1} = 1$$

Cette émission n'apportera (toujours en ce qui concerne les traits) aucune information, un trait suivant l'autre en toute monotonie. Si, de temps à autre, apparaît un trait inattendu, son originalité propre sera évidemment importante, mais le maximum d'originalité sera bien obtenu quand Ho = H1 et R = 0.

Dans notre calcul précédent il faudrait, pour avoir un R qui rende compte des redondances figuratives, diviser les classes de sectionnements vus et cachés en sectionnements doublés et sectionnements non doublés et atténuer l'effet de la classe des symétries.

Pour les dimensions, le plus simple, pour faire ressortir que les chiffres sont équiprobables, serait de comptabiliser les chiffres comme des éléments d'une classe unique issue d'une source " chiffrage " et de considérer que les indications complémentaires comme diamètre, rayon, sphérique, et les cotes spéciales comme chanfrein, pas, etc..., sont émises par une autre source à plusieurs classes et probabilités différenciées.

Si nous avons distingué des classes comme celles des sectionnements vus, cachés, etc... , c'est qu'expérimentalement ces classes nous ont semblé permettre une mesure de la quantité d'information pour des pièces isolées. Mais un raisonnement semblable pourrait s'appliquer à des ensembles fonctionnels ou technologiques.

Par exemple, dans un dispositif de serrage utilisant le système vis et écrou non réversible, les mouvements de serrage ou de desserrage sont obtenus, par rapport à un référentiel extérieur, en imprimant à la vis ou à l'écrou ou aux deux un mouvement de rotation. 9 combinaisons peuvent avoir une réalité technologique..

VIS ↔	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
VIS ↻	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1
ECROU ↔	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1
ECROU ↻	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
SOLUTIONS	X	X	X	1	X	X	2	3	X	4	X	5	6	7	8	9

Si les 9 solutions étaient équiprobables, on aurait H1 = 3,17 or, dans le recueil de l'E.N.S.M. de NANTES, on relève 14 solutions du type 1, 6 du type 2, 8 du type 4, 1 du type 6 et 1 du type 9 (extracteur différentiel).

Soit un Ho = 1,80.

La redondance des solutions du recueil est R = 44 %, ce qui ne nous apprend pas grand-chose ici puisque nous avions déjà les chiffres qui montrent que, dans 47 % des cas (14/30), nous avons affaire à une solution du type 1.

2 - 5 Contrôle

Bien que le dessin intitulé " GLISSIERE SUPERIEURE " soit d'une facture légèrement différente de celle des 571 dessins du recueil de l'E.N.S.M. de NANTES et d'une date d'exécution (1964) plus récente, nous pouvons faire l'hypothèse que les éléments d'information de ce dessin sont issus des mêmes sources que ceux des 571 dessins. Fig.202

Le décompte des éléments entrant dans chaque classe ne présente pas de difficulté. Les cercles des deux piges et les triangles noircis des soudures ont été comptés dans les " formes spéciales ". Fig.203

Nous avons d'emblée les $-\log_{10} x$ de chacune des classes des sources " formes " et " dimensionnement " puisque ce sont les mêmes pour tous les dessins de l'ensemble.

FORMES	$-\log_2$ px	BANC face + dessus	QF
Sectionnements vus	1,0	34	34
Sectionnements cachés	2,0	11	22
Symétries (sectionnement)	3,3	13	43
Sectionnements spécifiés	4,0	0	0
Filetage (sectionnement)	4,3	6	26
Spéciaux,(coupes, arrêts,etc)	4,6	10	46
TOTAL QF (bits).			171
DIMENSIONNEMENT			Q_D
Cotes linéaires	1,2	13	16
Cotes diamétrales	1,4	5	7
Cotes ajustées et tolérancées	3,3	0	0
Cotes spéciales	3,7	3	11
TOTAL Q_D (bits).			34

Fig.203 A à J

$Q_F + Q_D = 171 + 34 = 205$ bits, auxquels on doit ajouter les 7 % pour les symboles codés (matière A 42, filetages M 6, AA de coupe, échelle : 1) et les 3 % pour les écritures diverses (titre, trous, pige, cal., coupe), soit 225 bits d'information pour ce dessin. Cette quantité, très faible, n'a de sens que comparativement.

La redondance relative qui ne porte que sur les éléments et non sur les formes ou les cotes effectives n'a pas d'intérêt ici.

Le mode de calcul qui consiste à considérer le dessin comme une source indépendante d'éléments peut aussi être testé et, par la même occasion, nous pourrons voir si le rapport de 1,15 entre $Q_F + Q_D$ et Q_{HF} et Q_{HD} est respecté, c'est-à-dire, si le dessin du BANC peut

bien être assimilé aux dessins de la collection.

FORMES	Nb.	P %	px	$-\log_{10} x$	$px \times -\log_{10} px$
Sectionnements vus	34	45	0,45	0,347	0,155
Sect. cachés	11	15	0,15	0,824	0,123
Symétries	13	18	0,18	0,746	0,134
Sect. spécifiés	0				
Filetages	6	8	0,08	1,100	0,088
Spéciaux	10	14	0,14	0,854	0,120
TOTAUX	73	100			0,620
Q_{HF} =			0,620 × 3,33 × 73 =		150 bits
DIMENSIONNEMENT					
Cotes linéaires	13	62	0,62	0,210	0,130
Cotes diamétrales	5	24	0,24	0,620	0,148
Cotes aj. et tol.	0				
Cotes spéciales	3	14	0,24	0,854	0,120
TOTAUX	21	100			0,418
Q_{HD} =			0,418 × 3,33 × 21 =		29 bits

$Q_{HF} + Q_{HD} = 179$ bits

$179 \times 1,15 = 205,8$ bits $Q_F + Q_D$. Les deux quantités ($Q_{HF} + Q_{HD} \times 1,15$ et Q_F et Q_D) sont très proches, la différence pouvant être attribuée au mode de calcul global de -log px dans le deuxième cas.

Pour appliquer notre mode de calcul de la redondance, nous avons fait l'expérience suivante avec des élèves de C.E.T. et des stagiaires de l'A.F.P.A. (1). Seule l'expérience en C.E.T. est rapportée ici, elle doit être reprise en 1975.

Le dessin de la " GLISSIERE SUPERIEURE " a été masquée par 16 volets (8 volets gauches et 8 volets droits). Sous chaque volet se trouvent quelques éléments. Quand le sujet soulève le premier volet, il Fig.202

(1) DEFORGE (Y.), GUTTIREZ (O.), RABARDEL (P.), SURLAIVE (C.) : Expérimentations sur le dessin technique,..., op. cité, (1974). Cette publication présente le matériel utilisé, non reproduit dans l'Atlas.

voit ces éléments. Certains sont complets, d'autres, partiels, se continuent sous des volets rabattus. Il y a donc lieu de compter les éléments nouveaux révélés par chaque ouverture de volets et ne pas compter ceux qui sont la continuation d'éléments déjà dévoilés. L'utilisation du décompte des éléments dans l'expérimentation sur le dessin masqué par des volets semble hasardeuse à première vue, car on peut supposer que le sujet va s'efforcer de capter des renseignements et non des éléments. Si, par exemple, il dévoile d'emblée le cartouche, il est possible, si le type de pièce " glissière " lui est familier, qu'il en retirera beaucoup plus que ne l'indique le pourcentage d'information calculé. C'est le problème des indices qui fait intervenir la psychologie du sujet avec ses connaissances ; problème que nous avons justement écarté en posant que nous nous intéressions à l'information a priori.

Les questions que l'on peut se poser sont les suivantes :

- Peut-on, au moment où il est avéré que le sujet sait quelles sont les formes de la pièce, annoncer le pourcentage d'information utilisé ?
- Peut-on calculer la quantité d'information utilisée ?
- Peut-on calculer un taux de redondance qui ait un sens aussi bien du point de vue de l'information (les éléments) que du point de vue de la compréhension (les renseignements) ?

Nous pouvons répondre positivement aux deux premières questions en remplissant, lors de l'expérimentation, le tableau ci-dessous et en pointant les éléments découverts d'après les décomptes préétablis pour le calcul général de l'information du dessin de la glissière.

Par exemple (voir tableau), si le sujet soulève, dans l'ordre, les volets 7, 2, 3, il découvre successivement des éléments qui sont portés dans les cases correspondantes du tableau. Lorsqu'il soulève le volet 3, trois " sectionnements vus " apparaissent, mais deux ont déjà été comptés lors de l'ouverture du volet G 7. D'où un seul sectionnement compté dans la colonne " volet 3 ".

Si, par hasard, le sujet affirme, et prouve, qu'avec l'information recueillie il peut reconstituer l'ensemble des formes (il serait illusoire de penser qu'il puisse aussi retrouver les dimensions), on peut calculer l'information utilisée en bits. Ici : $(5 \times 1{,}16 + 8 \times 2{,}75 \ldots + 1 \times 2{,}84) = 61$ bits, soit un taux de redondance pour les formes de $R = 1 - \frac{61}{150} = 0{,}6$, soit 60 %. Ce chiffre n'a évidemment qu'une valeur d'exemple.

		Information dévoilée quand le sujet soulève le volet :								
		NB	$-\log_2 px$	N°1	N°2	N°3	...	N°7	...	Total
Sect. vus	A	34	1,16		1	1		3		5×1,16
Sect. cachés	B	11	2,74		1	5		2		8×2,74
Symétries	C	13	2,48		3	1		1		5×2,48
Sect. spécif.	D	0			0	0		0		
Filetages	E	6	3,66		1	2		0		3×3,66
Spéciaux	F	10	2,84		1	0		0		1×2,84
Cotes lin.	G	13	0,70		0	1		0		13×0,70
Cotes diam.	H	5	2,06		0	0		0		
Cotes ajust.	I	0			0	0		0		
Cotes spéc.	J	3	2,84		0	0		0		

Dans la pratique expérimentale, nous ne nous sommes intéressés qu'à la redondance des formes, faisant l'hypothèse que les cotes avaient une redondance nulle dans les conditions expérimentales.

26 élèves de dernière année C.A.P. (4 fraiseurs, 18 ajusteurs, 4 tourneurs) ont passé l'épreuve. Tous les éléments codés avaient été étudiés par ces élèves en cours de dessin avec trois professeurs que, par commodité, nous désignerons par les lettres H., K. et T.

Les élèves ont été répartis en deux groupes (au hasard) pour lesquels la situation expérimentale a été contrôlée de façon différente.

Pour le groupe A (15 élèves), une fois les consignes données, l'expérimentateur se contentait d'observer le sujet en donnant des réponses neutres, c'est-à-dire, en n'apportant aucune information autre que celles contenues dans les consignes, aux questions qu'il était amené à lui poser.

Dans le groupe B (11 élèves), l'expérimentateur jouait un rôle plus actif : tout en laissant à l'élève une entière liberté quant

au choix des volets à soulever, il intervenait pour l'amener à découvrir toute l'information contenue dans chaque volet en même temps qu'il lui demandait d'expliciter a posteriori les raisons de son choix du volet suivant, sans jamais toutefois donner, ni même suggérer, la signification des informations dont disposait le sujet.

L'apport de l'expérimentateur se situait donc au niveau de la méthode d'investigation, en suggérant une recherche systématique de l'information et de la localisation des informations complémentaires nécessaires à la réconstitution des formes, sur le mode hypothético-déductif.

Pour étudier les variations de la redondance relative, il nous fallait, connaissant la quantité d'information contenue dans le dessin et celle utilisée par le sujet pouvant être calculée, être en mesure de contrôler si cette information était bien suffisante pour reconstituer l'ensemble des formes de la pièce. C'est la raison de l'utilisation de l'épreuve de reconnaissance des perspectives. Huit perspectives étaient présentées au sujet, lorsqu'il estimait pouvoir reconnaître la pièce. Une seule perspective était exacte, les sept autres comportaient des erreurs plus ou moins grossières. Le sujet devait écarter les vues erronées (en expliquant pourquoi). Le niveau de réussite a été apprécié de la façon suivante : lorsque le sujet a écarté un dessin en ayant effectivement reconnu l'erreur, on lui a donné un point de bonification et, quand il a écarté la perspective exacte, un point de pénalisation, ce qui donne une cotation de la réussite de - 1 à + 7. Cette épreuve de reconnaissance n'a pas répondu à notre attente, mais elle nous a permis de déceler que la reconnaissance des perspectives posait quelque problème au niveau perceptif et qu'il était donc difficile d'imputer les échecs, même relatifs, à une mauvaise reconstitution des formes (1).

Le tableau ci-dessous donne les résultats pour l'ensemble des sujets.

Ce tableau indique qu'en moyenne un sujet a soulevé 139 : 26 = 5,3 volets avant d'estimer qu'il avait reconnu la forme. Comme la quantité d'information n'est pas la même sous chaque volet, il faudrait calculer le taux de redondance par nombre et numéros de volets soulevés, soit 256 (2^8) taux de redondance théoriquement possibles.

---

(1) L'expérience doit être reprise avec des pièces " en volume " et non plus des perspectives dessinées.

	NB. DE FOIS SOULEVES			
ELEMENTS	N° Volet	G	D	
COUPE	1	11	2	43
	2	6	6	
	3	13	5	
VUE DE DESSUS	4	10	8	92
	5	11	18	
	6	12	9	
	7	15	9	
TITRE	8	2	2	4
TOTAL		80	59	139

Pratiquement on a observé que 9 sujets sur 26 avaient utilisé environ 50 % de l'information, soit un taux de redondance de 0,50 et que deux sujets ont pu, avec deux volets " bien choisis ", donner les formes, soit un taux de redondance de 0,67 (tableau ci-dessous).

Nb. de sujets	2	4	5	2	5	2	1	5
Taux de R moyen(1)	0,67	0,59	0,49	0,38	0,35	0,33	0,31	0,27

L'expérience, si elle n'apporte rien de nouveau du point de vue du calcul de l'information, conduit à quelques conclusions quand on considère qu'il s'agit d'observation humaine d'un dessin ayant une signification.

L'observateur technicien, dès qu'il sait qu'il a affaire à un dessin technique, est entraîné à faire un certain nombre d'hypothèses sur la nature fonctionnelle des formes représentées. Même aachés par la présence des volets, les éléments d'information jouent le rôle d'indices.

La redondance " mécanique " donnée par les symétries se combine à une redondance conceptuelle. Le titre GLISSIERE laisse sup-

(1) : Le taux moyen de redondance a été obtenu en faisant la moyenne des taux de redondance obtenus par les différents sujets.

poser qu'on doit trouver quelque part une forme en queue d'aronde et, réciproquement, la forme donne le titre.

C'est ce qui s'est passé avec les sujets interrogés. Ils ont réagi naturellement avec leur personnalité, leurs connaissances et leur formation. Les variations les plus nettes ont été enregistrées entre les deux groupes A et B. La situation expérimentale d'incitation à " bien observer " a induit un accroissement systématique du taux de redondance (hypothèse de différence nulle des moyennes rejetée à .001),alors qu'elle n'a pas eu d'effet sur la réussite (hypothèse de différence nulle des moyennes acceptée à .001).

Parmi les autres influences des variables, une tendance à une meilleure réussite des fraiseurs semble se dessiner, ce qui confirme l'influence du savoir technologique sur la reconnaissance des formes, même dans une situation aussi particulière que celle proposée aux sujets. Le mode d'enseignement des professeurs ne semble pas avoir eu d'influence sur les résultats, alors qu'il en avait sur la prise de renseignements dans l'expérience précédemment décrite (1).

	GROUPE A			GROUPE B		
Spécialité	F.	T.	A.	F.	T.	A.
Redondance	0,35	0,34	0,31		0,67	0,54
Professeur	K.	T.	H.	K.	H.	T.
Redondance	0,34	0,32	0,31	0,57	0,57	0,54

Spécialité	F.	A.	T.
Réussite	6,5	5,5	5,5
Professeur	K.	H.	T.
Réussite	5,87	5,66	5,55

(1) On pourra trouver une relation plus détaillée de ces expériences dans le numéro spécial de " Recherches pédagogiques " (1975) déjà cité.

III - LES SIGNES DU DESSIN

1 - LINGUISTIQUE ET SEMIOLOGIE

Une opinion fort répandue est que le dessin technique se structure comme une écriture avec son alphabet, ses mots et expressions, son orthographe et sa syntaxe. On parle de " langue universelle ", " d'écriture de l'atelier ", " d'écriture symbolique ", de " langage graphique ", etc... Comme le montrent certains titres ou sous-titres (1) (2) (3) (4) et de nombreuses citations dont nous avons donné des exemples précédemment (5), plusieurs auteurs ont développé une linguistique du dessin basée sur un répertoire d'éléments graphiques qui se combineraient pour donner des unités signifiantes. Les unités formant des énoncés " géométriques " quand on reste au plan des représentations de formes géométriques ; " technologiques " quand on dessine des objets techniques (la syntaxe est alors la technologie de construction) ; " fonctionnelles " quand on considère l'objet comme constitué par un assemblage de fonctions (la syntaxe repose alors sur une logique des fonctions encore peu formalisée).

On pourrait même accentuer le rapprochement avec l'écriture de la langue naturelle en remarquant que la caractéristique du langage au sens linguistique est pour MARTINET (6) la présence de la double articulation et pour PRIETO (7) la possibilité pour un émetteur de transmettre le même renseignement en utilisant à sa guise plusieurs expressions distinctes mais équivalentes. Or, ces deux caractéristiques du langage articulé et de l'écriture, considérée comme un code substitutif de ce langage, se retrouvent dans le dessin technique.

---

(1) BALTH (H.) : Grammaire du dessin simple et complète, DINAN, BOURDEAUX-CAPELLE, 1928.

(2) CERNESSON (L.) : Grammaire élémentaire du dessin, PARIS, DUCHER, 1881.

(3) GRENTHE (Y.) : Grammaire des formes, dessin et mathématique, PARIS, O.C.D.L., 1971.

(4) REIBER (E.) : L'enseignement primaire du dessin (l'alphabet de la graphie), PARIS, chez l'auteur, 1878.

(5) **Cf. supra, deuxième partie, chapitre 3.**

(6) MARTINET (A.) : La linguistique synchronique, PARIS, P.U.F., Coll. Sup., 1970.

(7) PRIETO (L.J.) : Messages et signaux, PARIS, P.U.F., Coll. "Sup", 1966.

Premières et secondes articulations apparaissent dans le dessin figuratif, par exemple. Si l'on fait du sectionnement (1) l'élément de base (non signifiant en soi), il faut toujours plusieurs éléments de base pour avoir un signe ayant une signification. De même certains symboles, comme nous le verrons ci-dessous avec la normalisation des ajustements, fonctionnent sur la base de la double articulation. Quant à la possibilité d'avoir des renseignements distincts mais équivalents, nous la trouvons parfois quand il existe (cas assez rare, il est vrai) plusieurs représentations possibles du même objet ou plusieurs signes pour le même renseignement.

Faudrait-il, dans des études ultérieures, aller dans ce sens et développer le parallèle entre dessin et écriture ou, au contraire, étudier le dessin technique en tant que système de communication non-linguistique relevant de la sémiologie, science générale des signes ?

Malgré l'intérêt pédagogique des rapprochements entre dessin et écriture et toutes les variations que cela permet sur le thème de l'écriture et de la lecture (dont on trouve les traces dans les plus récentes Instructions pédagogiques), nous pensons que cette assimilation limite les possibilités d'analyse car, malgré les ressemblances finales, le dessin n'est pas soumis, à l'origine, aux mêmes contraintes que le langage. Par exemple, le principe d'économie, qui est à l'origine de la double articulation, ne semble pas avoir joué un rôle déterminant en dessin. Un abandon de l'analyse linguistique au profit de la sémiologie s'impose certainement, mais la sémiologie est-elle capable d'intégrer tous les graphes, graphiques, réseaux, diagrammes, schémas, esquisses, épures et autres dessins, utilisés à des fins de communication technique et que nous avons regroupés sous le titre de " graphisme technique " ?

L'entreprise nous semble ardue, même si on ne considère que le dessin technique proprement dit. Par sa richesse, par sa variété, par la multiplicité de ses codes d'origines diverses, par l'anarchie qui a présidé à sa " normalisation " (nous avons vu que cette anarchie pouvait être un facteur d'efficacité), le dessin technique entre difficilement dans le cadre des analyses sémiologiques auxquelles nous pouvons nous reporter : signaux routiers, signaux marins, cartes, blasons, écriture scripte, images fixes ou animées, etc... Même l'importante sémiologie graphique de BERTIN (2) laisse échapper une bonne partie du contenu du dessin technique.

---

(1) Cf. supra deuxième partie, page 359.

(2) BERTIN (J.) : Sémiologie graphique, PARIS, GAUTHIER-VILLARS, 1967.

Il nous semble qu'il faudrait d'abord procéder par analyse et classement, de façon à arriver à une typologie des codes, puis à une systématique sémiologique du graphisme technique que l'on pourrait nommer la graphique technique. Mais avant, il faut voir ce que sont ces unités qu'en dessin on appelle signes ou parfois symboles.

Nous suivons en cela les conseils de MOUNIN (1) quand il écrit : " Tout ce qu'on nomme hâtivement, métaphoriquement, langue ou langage du dessin (industriel), de la peinture, de la sculpture, du cinéma, de la publicité, de l'affiche, par exemple, gagnera sûrement beaucoup à être analysé, dans une mesure qui correspond à la nature des choses, à partir d'unités réelles et non supposées ou postulées ".

Nous nous limiterons ici à quelques remarques relatives aux dessins de définition et de fabrication.

2 - CARACTERES GENERAUX DU DESSIN TECHNIQUE

On ne peut dire que le dessin technique (de définition ou de fabrication) présente des caractères qui lui soient propres et que l'on ne retrouve dans aucun mode de communication, sauf peut-être son aptitude à présenter l'inexistant avec tous les renseignements nécessaires et suffisants pour que cet inexistant devienne de l'existant, répondant en tout point à la définition, aux tolérances près.

Cependant, le dessin technique présente quelques caractères, communs à d'autres moyens de communication, mais remarquablement développés, qu'il convient de rappeler. Il s'agit :

2 - 1 du caractère polymorphe des modes de présentation des renseignements

Nous avons déjà signalé (2) qu'un dessin de définition combinait plusieurs modes de présentation des renseignements et nous en avons distingué cinq : le mode graphique figuratif, le mode graphique semi-figuratif, le mode graphique non-figuratif, les renseignements dimensionnels chiffrés et les renseignements écrits dans la langue naturelle.

2 - 2 de l'absence de sens de parcours imposé (renseignements à disposition)

Tous les renseignements sont co-présents sur la surface du

---

(1) MOUNIN (G.) : Introduction à la sémiologie, PARIS, Ed. de MINUIT, 1970.
(2) Cf. supra, deuxième partie, pp. 349-355.

papier sans ordre préférentiel imposé. Il n'y a pas " lecture " linéaire mais consultation. Le processus de consultation dépend de ce que cherche celui qui consulte : fonction générale, chaîne cinématique, solutions technologiques, matériaux constitutifs, dimensions d'encombrement ou autres spécifications diverses.

Le dessin accepte plusieurs niveaux de consultation : l'ensemble, le sous-ensemble, le détail, sont perçus distinctement à volonté et dans leurs relations mutuelles. Les pièces constitutives dessinées séparément sont encore reliées à l'ensemble par des relations qu'exprime partiellement le dimensionnement et particulièrement la cotation fonctionnelle tolérancée dont on sait qu'elle traduit des interdépendances issues des voisinages, proches ou lointains, et qui s'inscrivent dans les formes mêmes. Bien qu'il soit difficile de cerner ce qu'est le renseignement en tant qu'unité dénombrable (1) du fait des différents niveaux de consultation, nous conserverons ce terme pour le signifié d'un signe et adopterons celui de renseignement composé pour le signifié d'un sème. Quand celui à qui sont destinés les renseignements connaît - comme il se doit - sa technologie de construction, il dispose d'un pouvoir de prédiction et de jugement sur la pertinence des formes représentées et sur la qualité et l'originalité de leurs associations.

2 - 3 <u>du caractère directionnel de la communication</u>

Les renseignements à disposition constituent une sorte de mémoire morte. Ils proviennent d'un émetteur et passent vers le récepteur-utilisateur par le canal visuel, la perception est activation des renseignements. Les renseignements circulent de l'émetteur au récepteur, rarement dans le sens inverse. Le récepteur ne répond pas à un dessin par un dessin, mais par un comportement, un jugement et, surtout, par des actes.

2 - 4 <u>du caractère pleinement non-linguistique du signifié de certains renseignements</u>

La plupart des dessins comportent des renseignements qui sont des instructions ou des ordres d'exécution. Si l'on observe comment ces renseignements sont utilisés lors d'une fabrication, on constate qu'ils induisent des actes. Il est difficile de déceler un recours au langage articulé lors de ce passage, soit que les signes et sèmes graphiques n'aient pas d'équivalents verbaux, soit que la traduction ne

---

(1) Cf. supra, pp. 337 et 356.

puisse se faire que par un modèle dialectique long et parfois imprécis. Nos expériences avec des élèves de C.E.T. et des adultes étrangers nous laissent penser qu'il y a, entre la perception du signe et l'acte, une verbalisation autistique extrêmement fruste, qui s'exprime par des termes sans signification apparente (le truc, le machin) recouvrant des schèmes mentaux difficiles à décrire ou des schèmes moteurs, tels que des actes reflexes ou des séquences d'activités pré-établies, qui ne se parlent pas mais qui sont traduits correctement en acte puisque, malgré l'absence évidente de verbalisation précise, l'acte est réussi.

Comme le souligne COUFFIGNAL (1), " nombre d'exemples (montrent) que les langages n'expriment que de façon très incomplète, et souvent mutilée, la richesse des "patterns"". Pour résumer, nous dirons que percevoir un renseignement dessiné et l'utiliser ou l'évoquer verbalement, sont deux conduites psychologiquement différentes. Dans certains cas, la perception d'un signe ou d'un sème renvoie, selon les indices prélevés à un signifié biologique ou à un signifié cognitif (pattern de connaissance immédiate), sans qu'il y ait construction d'un modèle dialectique complet.

3 - ANALYSE DE QUELQUES CAS

3 - 1 Le mode graphique figuratif

Mises à part quelques simplifications par rapport à l'original et quelques codifications, à vrai dire transparentes, comme les pointillés pour les arêtes cachées et la systématique des dispositions, les représentations figuratives sont des analogons de l'original. Les formes, les positions relatives, les proportions, l'aspect général, sont conservés. Une maison est une maison et une locomotive une locomotive, signifiant et signifié, signe et renseignement, sont confondus ; aussi dirons-nous que les représentations figuratives sont des informations directes, non codées. Il y a codage quand la représentation figurative (des filetages ou des rivets, par exemples) est remplacée par une représentation symbolique. Fig.20'.

Avec les représentations figuratives, le dessin est ce qu'est l'original, comme la photographie d'un groupe est ce qu'est le groupe et comme la parole exprime très directement la pensée de l'émetteur. Si nous avions décidé d'étudier l'objet et non sa représentation,

---

(1) COUFFIGNAL (L.) : La cybernétique, PARIS, P.U.F., Coll. que sais-je ?, 1963.
Cf. également GRIGNON, L'ordre des choses, op. cité, p. 231.

c'est sur lui que nous pourrions faire porter l'analyse et c'est en lui que nous trouverions les caractères d'un langage dont le dessin n'est que l'écho fidèle. Ainsi nous pourrions montrer que l'objet technique est assimilable à un discours avec sa syntaxe dont nous savons qu'elle est fixée par la technologie de construction et même avec une rhétorique qui utilise des figures comme l'adjonction, la suppression, la substitution, etc... Il est certain qu'au niveau des formes extérieures, des habillages de machines, par exemple, peut se manifester une esthétique assimilable à un discours de circonstance, s'exprimant dans des aspects de la construction qui sont autant de figures de style matérialisées ou matérialisables. La répétition (identité des relations entre éléments par adjonction) se manifeste dans les constructions vissées, boulonnées ou rivetées. Les figures à double sens (dans lesquelles une similitude de forme dissimule une différence réelle) se voient sur les voitures dont la forme de l'avant est symétrique de celle de l'arrière, alors qu'il y a à un bout le moteur et à l'autre les bagages. Inversement, le paradoxe (une opposition de forme recouvrant une similitude réelle) est souvent très apparent dans des objets d'usage courant : briquets, moulins à café. Les fausses homologies ou tautologies (le même signe est présenté à plusieurs reprises avec des sens différents) se voient dans les tableaux de bord, etc...

L'agencement des fonctions, s'il est une conséquence de l'organisation logique, laisse encore place à la rhétorique et à une esthétique de l'architecture fonctionnelle. Par contre, au niveau des formes brutes des organes, imposées par la technologie de construction, le discours ne supporte pas de sophisme, ni même d'entorse à la syntaxe technologique.

Tout cela, celui qui observe ou utilise un dessin peut s'en rendre compte, mais cela n'appartient pas au dessin qui n'est, en l'occurrence, que le témoin d'un état des choses. Intermédiaire entre la conception et la réalisation, il porte les renseignements qu'on lui a confiés, comme on les lui a confiés.

Il n'empêche qu'à des fins pédagogiques on a parfois doublé ou remplacé l'analyse technologique ou fonctionnelle de l'objet dessiné par une analyse du dessin, dans sa partie représentative, en ne considérant que l'aspect géométrique.

Dans une perspective euclidienne, les éléments non signifiants sont le point et la ligne. Ces éléments, mis en correspondance, donnent des signes (signifiants) qui ont pour signifiés : point dans

l'espace, arête, surface, et qui se composent ensemble pour donner des volumes. En postulant que les signes de base sont les volumes géométriques ou solides élémentaires, on peut aussi retrouver analytiquement du connu, en décomposant les volumes complexes en volumes simples ou, en procédant à l'envers, en construire.

Cette analyse tronquée est acceptable lorsqu'il s'agit de faire exécuter ou de faire comprendre des dessins d'êtres géométriques sans signification technologique. Il est même possible d'associer aux volumes géométriques dessinés un modèle verbo-mathématique, définissant complètement l'objet aussi bien que le dessin. Elle l'est beaucoup moins s'il s'agit de dessins de pièces ou d'ensembles technologiques pour lesquels une analyse technique est toujours utile et même parfois absolument nécessaire. On constate alors que les partitions ne cadrent plus avec celles auxquelles conduit l'analyse géométrique et, surtout, que les domaines de connaissance activés chez le récepteur dépassent de beaucoup l'axiomatique du point de la droite, de la courbe et des générations de surfaces et de volumes.

La prospection des dessins techniques, même quand il s'agit de renseignements aussi visuels que ceux portés par les représentations figuratives, nécessite que l'utilisateur soit un technicien, qui voit et pense en technicien. C'est à l'émetteur de produire des dessins bien renseignés en fonction des attentes et des possibilités du récepteur, en utilisant au mieux tous les types de graphisme et tous les modes de présentation des renseignements.

3 - 2 Le mode graphique semi-figuratif

La consultation d'un ouvrage de dessin ou des normes, ou encore l'examen d'un dessin technique montre que les représentations figuratives se complètent d'une profusion de signes discrets, dont certains sont des dessins très schématiques mais reconnaissables et d'autres des symboles arbitraires. Fig.204 Fig.208b

Les signes semi-représentatifs que l'on peut voir sur la figure 209 (haut) avec l'énoncé de leur signification ont été créés pour se substituer, sur les plaques des machines, aux inscriptions littérales. On peut donc dire, même si certains de ces signes induisent des actions, sans qu'il soit nécessaire de repasser par leurs équivalents phoniques, qu'il s'agit d'un code substitutif. La tentative pour faire de ces signes des idéogrammes rappelant des réalités (un robinet, une burette, un tour) font qu'ils ne forment pas un système co- Fig.209 (haut)

hérent dans la mesure où les réalités sont elles-mêmes non cohérentes. Ces signes ne sont d'ailleurs pas combinables entre eux pour donner des renseignements composés, tout juste peut-on les juxtaposer, comme on le voit pour l'avance par tour.

Les mêmes remarques valent pour les signes de la figure 210. Cependant, le regroupement par thèmes sur les gabarits leur donne une plus grande unité. On remarquera plusieurs niveaux de symbolisme. Certains signes sont des représentations en petit (8800), d'autres sont des idéogrammes semi-représentatifs (8824). Par contre, les symboles de tactique militaire ne sont plus du tout représentatifs (8820). Fig.210

Les signes utilisés en menuiserie pour marquer les positions respectives des différentes pièces constitutives d'une porte se tracent généralement d'un seul coup de crayon, a avec g, quand les montants sont rapprochés, et c, e, d, f, sur les traverses. Ce qui fait qu'il s'agit d'un code à deux sèmes (a et g), (b, c, d, f) qui se décomposent après coup en signes. Il ne nous est jamais apparu que ces signes correspondaient, dans la pratique, à un discours quelconque. Il semble bien qu'on soit ici en face d'un système idéographique pur, non-linguistique, mais resté embryonnaire puisque limité aux besoins, modestes, de la profession. Ce serait plutôt dans ce cas, le système linguistique qui jouerait le rôle de système de signes substitutif par rapport à un système direct. Les signes des tailleurs de pierre (figure 206, 6e planche), bien que moins évocateurs, sont passibles de la même remarque. Fig.205 (haut) Fig.206

Les signes relatifs à la robinetterie sont intéressants à plus d'un titre. Ils sont représentatifs de toute une série de systèmes couvrant le domaine de la soudure, du rivetage, de l'hydraulique, etc... Ils présentent la particularité d'être signifiants en eux-mêmes, mais de pouvoir se combiner pour donner des renseignements composés comme " robinet droit - à commande mécanique à distance - avec manchon - taraudé ". Ces signes semi-représentatifs appartiennent à un code substitutif, puisqu'ils sont destinés à remplacer dans les schémas des dessins plus réalistes et des inscriptions diverses. Fig.207a Fig.209 (bas)

3 - 3 <u>Le mode graphique non-figuratif</u>

Les signes non-figuratifs sont relativement peu nombreux en dessin, comparativement aux signes semi-figuratifs. Les signes de façonnage qui définissent l'état qualitatif d'une surface peuvent retenir notre attention. Le système se présente de la façon suivante.

	Surface brute et grossière L'absence de signe a cette signification si le dessin comporte sur d'autres surfaces des signes de façonnage
	Surface brute à peu près unie
	Surface bien taillée ayant bon aspect
	Surface façonnée avec exigence de bonne correction géométrique mais sans exigence de qualité frottante
	Surface façonnée avec exigence de bonne correction géométrique et de bonne qualité frottante

Trois interprétations peuvent être données quant au fonctionnement de ce système :

1° il s'agit d'un code à deux figures sans signification (triangle équilatéral et trait ondulé), qui donnent deux signes quand ils sont associés à des surfaces, ces deux signes combinés donnant cinq sèmes dont les signifiés sont cinq renseignements du genre " cette surface doit être... " ;

2° il s'agit d'un code à deux signes qui se combinent pour donner cinq sèmes dont les signifiés,etc... ;

3° il s'agit d'un code à quatre signes qui donnent, quand ils sont associés à des surfaces, cinq sèmes.

[illegible]	[illegible]	[illegible]gnes	Sème	Renseignement
1	∼ ▽	∼ ▽	— ∼ ▽ ▽▽ ▽▽▽	voir tableau ci-dessus
2		∼ ▽	"	
3		∼ ▽ ▽▽ ▽▽▽	— ∼ ▽ ▽▽ ▽▽▽	

La première interprétation fait apparaître une double arti-[illegible]. Si elle était fondée, d'autres codes du dessin pourraient être traités de la même manière. Mais on ne voit pas ici pourquoi on [illegible]rait jouer le mécanisme d'économie dans un code aussi court et en quelles circonstances autres que celles prévues par ce code les deux figures pourraient être réutilisées.

La seconde interprétation et la première font des sèmes [illegible] l'[illegible] de la figure " triangle " non pas trois sèmes indé-pendants mais [illegible] sèmes hiérarchisés par juxtaposition de signes. [illegible] ne sont plus tout à fait ceux qui étaient attendus [illegible], par rapport à " surface bien taillée " (un triangle) : " [illegible] en taillée " (deux triangles), " surface très, très bien taillée " (trois triangles). Ou encore surface travaillée une [illegible] deux [illegible] trois fois.

Nous aurions là un fonctionnement apparenté à celui du superlatif en grammaire.

La troisième interprétation est la plus conforme à ce que la norme NF E 04-011 semble avoir voulu codifier : cinq cas distincts, dont un à existence conditionnelle et quatre signes en correspondance.

On peut se demander s'il n'aurait pas fallu mettre le signe ondulé (qui garde une trace de figuratisme) en cohérence avec les trois

autres ou, inversement, spécifier toutes les surfaces par une ondulation variable ondillée. Ou encore spécifier les surfaces brutes par quatre ondulations, les surfaces " bien taillées " par trois, etc... On pourrait aussi, à la place des ondulations reprendre les traits brisés, déjà utilisés dans le code des manoeuvres sur machines et pour symboliser les ressorts. Cette dernière proposition qui donne à la ligne brisée la position d'une figure omnibus servant à la création de signes dans plusieurs codes, fait apparaître une double articulation et semble donc particulièrement intéressante du point de vue de l'économie. Fig.209

Il est effectivement possible que l'on puisse trouver ici ou là des améliorations au système de codage. Connaissant les propriétés homéostatiques du dessin technique, il y a peut-être quelque raison pour que ces améliorations n'aient pas été adoptées, de toute façon, elles ne peuvent porter que sur des détails.

3 - 4 Aperçus sur d'autres mécanismes d'économie

Le trait caractéristique de tout système de communication tant soit peu élaboré, est l'économie dans l'efficacité. Pour réaliser ce principe d'économie, il existe toute une gradation de dispositions possibles qui vont depuis les codes à deux signes seulement (0 et 1, par exemple), pour faire passer toute l'information jusqu'aux codes à un signal par information distincte. Chaque système de communication est marqué par la recherche d'un équilibre entre le nombre de signes et le nombre d'informations à transmettre. Fig.211

Bien que les représentations figuratives restreignent le champ des renseignements codés, on trouve aussi en dessin technique quelques artifices pour réduire la prolifération des signes, comme le montrent les trois exemples qui suivent.

L'économie par l'homographie

On peut remarquer, à propos des traits utilisés en dessin, que l'on a affaire à un code dont les signes ne sont pas décomposables mais pour lesquels le mécanisme de l'économie joue cependant de la façon suivante : au même trait correspondent plusieurs renseignements (quatre pour les traits mixtes, neuf pour les traits forts continus). Comme pour l'homographie dans l'écriture des langues naturelles, la discrimination des signifiés se fait par référence au contexte ou à l'environnement. Fig.207b

Tous ces traits ne signifient rien quand ils sont hors du contexte, puisqu'ils ne sont sèmes d'un renseignement que lorsqu'ils s'incluent dans un environnement graphique. Il semble convenable dans ce cas de dire que ce code comporte la seconde articulation (les traits sont des figures) et non la première (les traits ne sont pas des signes).

L'économie par la synonymie

On a longtemps utilisé un code des couleurs conventionnelles (une couleur par matériau ou catégorie de matériaux) pour renseigner sur les matériaux constitutifs des ensembles. Avec la disparition du lavis, on a remplacé les couleurs par des hachures.

Les hachures devaient être très distinctives, car les pièces d'un ensemble en coupe sont souvent nombreuses et rapprochées. Il n'était donc pas question d'avoir les mêmes signes pour plusieurs matériaux, la discrimination par l'environnement ne jouant plus. On a donc créé des symboles arbitraires pour chaque matériau. Fig.207c

Restait le problème des coupes de pièces contiguës faites d'un même matériau pour lesquelles on ne pouvait employer exactement la même symbolique (les pièces n'auraient plus été distinguées), ni une symbolique totalement différente (il aurait fallu une infinité de symboles). La solution adoptée est analogue à l'emploi des synonymes dans un discours pour éviter de répéter le même terme. Tous les matériaux identiques des pièces d'un ensemble dessiné sont hachurés en traits fins inclinés, mais on change, pour chaque pièce, l'inclinaison ou l'espacement.

Les modèles de hachures donnés par la norme constituent des sèmes insécables et continus. Il n'y a, de toute évidence, ni figure, ne signe. Un tout petit morceau de l'échantillon renseigne de la même façon qu'une grande surface couverte de hachures. Ces sèmes ne sont pas non plus combinables : il n'existe pas d'alliage monstrueux mélangeant le signifié " alliage léger en coupe " et le signifié " matière plastique en coupe " et donnant le renseignement " mélange d'alliage léger et de matière plastique en coupe ". Fig.207c

L'économie par la multiplication logique des classes

Pour spécifier les tolérances sur un ajustement, en particulier pour les pièces cylindriques, on peut adopter une écriture

chiffrée comme alésage $\emptyset\ 12\ ^{+27}_{0}$ et arbre $\emptyset\ 12\ ^{0}_{-18}$. Ces valeurs ne sont pas prises au hasard. Le tableau de toutes les tolérances que l'on peut affecter aux deux pièces d'un ajustement est donné par les normes (NF E 02-000 à NF E 02-118). Il y a 540 valeurs possibles pour les contenants et autant pour les contenus.

Pour simplifier les inscriptions et rendre les renseignements plus visibles, on a pensé à créer un code substitutif. Si l'on cumule toutes les possibilités d'ajustement arbre-alésage, on obtient environ 30 000 cas théoriquement possibles (bien entendu, la norme recommande certaines combinaisons et d'autres s'éliminent d'elles-mêmes). Fallait-il créer un code à quelques 30 000 signes différents ou à deux seulement (code binaire) permettant de générer les 30 000 renseignements ?

Recherchant un optimum pour le récepteur humain, la normalisation a adopté la solution suivante :

- Il y aura 30 positions de tolérance par rapport à une ligne zéro, signifiées par des lettres majuscules pour les alésages et par des lettres minuscules pour les arbres (60 signes).
- Il y aura 18 qualités de tolérance, signifiées par des chiffres arabes qui viendront après les lettres de position (18 signes).

Des renseignements tels que $\emptyset$ 12 H8 pour l'alésage, qui correspondent à une classe de renseignements tels que " alésage avec une tolérance juste au-dessus de la ligne zéro et intervalle à prendre dans le tableau, etc... ", et $\emptyset$ 12 h7 pour l'arbre, qui se présentent sur le dessin d'assemblage de la façon suivante : $\emptyset$ 12 H8 h7, naissent de la combinaison des signes de position et de qualité (auxquels s'ajoute le signe $\emptyset$). Ils donnent, outre les renseignements chiffrés qui peuvent être retrouvés sur les tableaux, les renseignements technologiques suivants (exprimés verbalement) : " Assemblage diamètre douze de pièces mobiles l'une par rapport à l'autre mais ne transmettant pas d'efforts, le démontage et le remontage à la main étant possibles sans détérioration des pièces ".

Pour les arbres et les alésages, la constitution d'un code formé à partir de deux systèmes à 30 et 18 classes disjointes au lieu d'un système à 540 classes, qui permet de générer les 540 sèmes (H8, F9, K10, etc...) par multiplication logique des classes, est un dispositif d'économie que l'on retrouve en dessin avec la classification des pièces et la désignation des matériaux, en technologie avec la désignation des meules, en signalétique avec les numéros minéralogiques et en

linguistique avec les langues parlées où un nombre infini d'énoncés peuvent être générés par la multiplication logique (avec ici des intersections de classes) des monèmes (signifiants), eux-mêmes générés par la multiplication logique des phonèmes (non-signifiants en général).

Cette double articulation, qui a sa correspondance dans l'écriture avec les morphèmes et les graphèmes, et plus généralement en sémiologie avec les figures générant des signes et les signes des sèmes, n'est guère apparente en dessin technique. La symbolique des ajustements nous fournit pourtant un exemple de double articulation partielle.

Si A, B, C, D, ... sont des signes de position non décomposables en figures stables (sauf si nous disions que ces lettres sont faites de courbes et de bâtons, mais cela ne correspond pas à un principe d'économie en écriture manuelle) ; on trouve aussi des signes de position comme CD, EF, FG, JS, ZA, ZB,...., qui correspondent à des renseignements acceptables (Ø 80 CD10 : " alésage de diamètre quatre-vingts millimètres avec une tolérance très au-dessus de la ligne zéro et intervalle à prendre dans le tableau, etc... ").

CD, EF, FG,... sont des signes décomposables en C et D, E et F, etc... qui ne sont pas eux-mêmes des signes. La classe " CD " n'est pas constituée par intersection des classes " C " et " D " puisque par définition ces deux classes, et les autres, sont disjointes.

C et D sont tout simplement des figures (non-signifiantes). On aurait pu, après avoir épuisé l'alphabet, inventer d'autres signes (ou puiser dans un autre alphabet), on a préféré ici recourir à la seconde articulation en se servant des lettres comme de figures peu " coûteuses " à l'exécution.

Cette apparition de la seconde articulation là où personne n'avait été la chercher, ni même, probablement, voulu sciemment la mettre, montre avec quel pragmatisme modeste mais efficace les techniciens traitent leurs problèmes. C'est ce que nous avons voulu montrer tout au long de ce travail.

D - BIBLIOGRAPHIE

Cette bibliographie se limite aux titres des ouvrages principaux effectivement utilisés ou consultés pour la rédaction des trois parties de l'étude.

I - ANONYMES

(Les) agents techniques, techniciens, dessinateurs et agents de maîtrise des industries des métaux, PARIS, U.I.M.M., 1964.

Apprenez à lire des dessins industriels, PARIS, EYROLLES, 1965 (?).

Atlas de dessins du génie de la marine, éditions diverses reliées, 112 atlas de 1855 à 1936, (pour les atlas consultés voir texte).

(les) carrières du dessin industriel, PARIS, ONISEP, 1973.

Dictionnaire raisonné universel des Arts et Métiers, PARIS, DIDOT, 4 tomes, éd. nouvelle, 1773.

DURER, l'oeuvre du maître, PARIS, HACHETTE, 1908.

Ecole du génie de Mézières, Exercice(s) sur le tracé, le relief et la construction des fortifications, 24 planches, [B.N. 4819].

Enseignement du dessin technique dans les sections du 1er degré de l'A.F.P.A., MONTREUIL, A.F.P.A., 1968.

Enseignement de la technologie, classes de quatrième et de troisième I et II, horaires, programmes, instructions, I.N.R.D.P., brochure n° 6079, 1973.

Exposition : Dessins d'architecture du XVe au XIXe siècle, PARIS, MUSEE DU LOUVRE, 1972.

Exposition : Histoire et prestige de l'Académie des Sciences (1666-1966) PARIS, MUSEE DU C.N.A.M., 1967.

Exposition : Notice des objets qui se trouvent à l'exposition des produits de l'industrie alsacienne (Mulhouse), MULHOUSE, THINUS, 1836.

Exposition : (Les) techniques au siècle de l'Encyclopédie et la collection des maquettes de Madame de GENLIS, PARIS, MUSEE DU C.N.A.M., 1963.

Exposition universelle internationale de 1900 (Rapport du jury), groupe I, éducation et enseignement, 5° partie, classe 6, tome I, PARIS, S. éd., 1902.

Horaires programmes, méthodes de l'enseignement technique, dispositions communes à tous les établissements d'enseignement technique, instructions générales, C.N.D.P., brochure 79 F.D., (instructions du 1er octobre 1948, éd. 1954).

Musée rétrospectif, éducation et enseignement à l'exposition universelle de 1900 à Paris, PARIS, S. éd., 1900.

Normes sur le dessin, PARIS, AFNOR, 1973.

Recommandations de l'inspection générale sur la pédagogie de l'enseignement de la construction dans les lycées techniques, ronéoté, s.l. n. éd., 1971.

Nouveau traité théorique et pratique de l'ébénisterie d'après ROUBO, DOURDAN, VIAL, 2e éd., 1910.

ROUBO moderne, DOURDAN, VIAL, nouvelle éd., 1930 (?).

(Les) roulements : 1 - technologie simplifiée,
2 - méthodes de calculs et dimensions.
PARIS, S.K.F., 2 tomes, 1967.

(Les établissements) SCHNEIDER : les écoles, PARIS, LAHURE, 1912.

II - COLLECTIFS

(Les) architectes célèbres, PARIS, MAZENOD, 2 tomes, 1958.

Association polytechnique, cours d'économie industrielle, receuilli et publié par V. THEVENIN, PARIS, HACHETTE, 7e série, 1868.

Bulletin de la société d'encouragement pour l'industrie nationale, PARIS, HUZARD, 1812.

Cinquante ans de normes françaises, PARIS, AFNOR, 1970.

(La) communication, (sous la direction d'A. MOLES), PARIS, C.E.L.P., 1971.

Compagnie Saint-Gobain, (livre du tricentenaire), PARIS, ST GOBAIN, 1965.

Conference on design methods, LONDON, CHRISTOPHER, 1963.

(600 ans de) constructions navales in Revue historique des armées, n° 1, 1974.

Description de l'Egypte ou recueil des observations et des recherches, (sous la direction de E. JOMARD), PARIS, s. éd., 8 tomes de texte et 14 tomes de figures, 1809-1822.

(Le) dessin industriel dans les écoles techniques. Compte-rendu des travaux de la semaine du dessin (28 juillet au 2 août 1924), (sous la direction de A. DRUOT), PARIS, DELAGRAVE, 2 tomes, 1925.

Encyclopédie internationale des sciences et techniques, PARIS, PRESSES DE LA CITE, 5 tomes parus, 1970.

(L') enseignement technique, PARIS, ROMBALDI, Encyclopédie générale de l'Education française, 1954.

(La) formation des ingénieurs, recueil de conférences, STRASBOURG, CONSEIL DE L'EUROPE, 1964.

Histoire du socialisme (sous la direction de J. DROZ), tome I, des origines à 1875, PARIS, P.U.F., 1972.

Histoire générale des sciences (sous la direction de R. TATON), PARIS, P.U.F., 3 tomes, 2e éd., 1966.

Histoire de la marine, PARIS, L'ILLUSTRATION, 2 tomes, rééd., 1959.

Histoire générale des techniques (sous la direction de M. DAUMAS), PARIS, P.U.F., 3 tomes, 1962.

Journées graphiques 1973, ROQUENCOURT, AFCET-IRIA, 1974.

(Le) langage, (sous la direction de A. MARTINET), PARIS, GALLIMARD, 1968.

Léonard de VINCI, NOVARA, (Italie), CERCLE DU BIBLIOPHILE, 2 tomes, 1958.

(Le) livre du centenaire de l'école Polytechnique, 1794-1894, PARIS, GAUTHIER-VILLARS, 3 tomes, 1895-1897.

(La) nouvelle formule d'enseignement du dessin technique en F.P.A., MONTREUIL, A.F.P.A., "Notre formation", 1970.

Pédagogie nouvelle, construction mécanique, DIJON, C.R.D.P., 5 cahiers, 1969.

Problèmes du langage, PARIS, GALLIMARD, coll. "Diogène", 1966.

Recherches sémiologiques, in Communication, n° 4, 1964.

Séances des Ecoles normales, (livre national), PARIS, Imp. du cercle social, 3 tomes, nouvelle éd., 1800.

Traité de psychologie expérimentale, (sous la direction de P. FRAISSE et J. PIAGET), PARIS, P.U.F., 9 tomes, 1963-1971.

Visual communication, (Research, Principles and Pratices in), NEW YORK, N.E.A., 1960.

III - AUTEURS

ADHÉMAR (P.) : Géométrie descriptive, PARIS, BACHELIER, 1836.

ALLAIN (E.) : Nouveau manuel complet de dessin linéaire géométrique à l'usage des jeunes gens qui se destinent aux travaux publics, (texte et atlas), PARIS, RORET, 1853, (réédition : 1927, MULO édit.).

ALLEXANDRE (R.P.J.) : Traité général des horloges, PARIS, GUERIN, 1734.

ALLOUCHE (J.), VINSONNEAU (R.) : Enseignement programmé sur support audio-visuel, PARIS, OFRATEME, 1970.

ARMENGAUD (Aîné) : Cours de dessin linéaire appliqué au dessin des machines, dédié aux écoles industrielles, PARIS, MATHIAS-ARMENGAUD, 1840.

ARMENGAUD (Aîné) : Publication Industrielle (des machines outils et appareils les plus perfectionnés et les plus récents employés dans les différentes branches de l'industrie française et étrangère), (texte et atlas), PARIS, ARMENGAUD-MOREL, 1848-1870, 36 tomes, (tomes examinés du 1 au 16).

ARMENGAUD (Aîné) : Atlas de machines-outils, choix de planches sur le travail des métaux extraites de la "Publication Industrielle", PARIS, ARMENGAUD-BERNARD, 2e éd., 1875 (?).

ARMENGAUD (Aîné) : Cours élémentaire de dessin industriel, (texte et atlas), PARIS, BERNARD, 1886.

ARMENGAUD (Aîné) : Le Vignole des mécaniciens, essai sur la construction des machines, étude des éléments qui la constituent. Types et proportion des organes qui composent les moteurs, les transmissions de mouvements et autres mécanismes (texte et atlas), PARIS, MOREL, 1ère éd., 1865, (3ème éd. chez BERNARD, 1897).

ARMENGAUD (Aîné), ARMENGAUD (jeune) et AMOUROUX : Nouveau cours raisonné de dessin industriel appliqué principalement à la mécanique et à l'architecture comprenant : le dessin linéaire proprement dit, les études des projections, la construction des modèles en bois et des engrenages, les tracés d'excentriques, les études d'ombres et du lavis avec planches teintées, coloriées et lavées à l'effet, la coupe des pierres, le levé de machines, les projections obliques, la perspective et terminé par des vues d'ensemble des appareils et des machines les

plus en usage dans l'industrie, (texte et atlas), PARIS, MATHIAS-ARMENGAUD, 1848-1849.

ARMENGAUD (Aîné), ARMENGAUD (jeune) et AMOUROUX : Cours élémentaire de dessin industriel à l'usage des écoles primaires, PARIS, MATHIAS-ARMENGAUD, 1850.

ARNOLD (G.) : Bilder aus der Geschichte der Kraftmaschinen, MUNICH, MOOS, 1968.

ARTZ (F.B.) : L'éducation technique en France au XVIIIe siècle, PARIS, ALCAN, 1939.

ASTHON (T.S.) : La révolution industrielle, 1760-1830, PARIS, PLON, 1955.

ATTNEAVE (F.) : Some informational aspects of visual perception, in Psychological Review, 1954, vol. 61, n°3.

AUDIGANNE (A.) : L'industrie française depuis la Révolution de février, in Revue des deux mondes, 1849, XIXe année, nouv. période, pp. 978-1006.

AUDIGANNE (A.) : L'enseignement industriel en France, in Revue des deux mondes, 1851, XXIe année, pp. 860-893.

AUGOYAT (A.M.) : Aperçu historique sur les fortifications, les ingénieurs et sur le corps du génie en France, PARIS, TANERA, 1858.

AUZIAS (J.M.) : Clés pour le structuralisme, PARIS, SEGHERS, 1967.

AUZIAS (J.M.) : La philosophie et les techniques, PARIS, P.U.F., 1965.

AVAIREIU (P.), BEAUVAIS (P.) : Cours de dessin géométrique, PARIS, MONROCQ, 1905.

BACHELIER (J.J.) : Textes divers sur l'Ecole Royale de dessin, PARIS, Imp. ROYALE, 1788-89, [B.N.V.23842].

BALTH (H.) : Grammaire du dessin, simple et complète, DINAN, BOURDEAUX-CAPELLE, 1918.

BARAS (M.M.-J.) : De l'éducation publique dans la France libre, état actuel des établissements destinés en Europe à l'Instruction Publique, TOULOUSE, DECLASSAN, 2 tomes, 1792.

BARDIN (G.) : Cours de dessin industriel destiné aux élèves des classes de dessin industriel d'apprentis et d'adultes, aux élèves des écoles professionnelles, etc ..., PARIS, LACROIX, 3 tomes, 1862-1864.

BARDIN (G.) : Mémoire sur l'enseignement du dessin dans les écoles municipales d'enfants, d'apprentis et d'ouvriers de la ville de Paris et sur l'organisation de cet enseignement, ORLEANS, COLAS, 1863.

BARQUI (F.), VAN DOREN : Cours de dessin industriel, LYON, BARBORIER, 1874.

BARTHES (R.) : Eléments de sémiologie, PARIS, GONTHIER, 1965.

BATTY (C.D.) : An introduction to the Dewey decimal classification, LONDON , BINGLEY, 1965.

BAUDRILLARD (J.) : Le système des objets, PARIS, DENOEL, coll. "Méditations", 1968.

BECOURT (L.), FILLET (J.J.) : Le dessin technique cours professionnel de dessin géométrique, PARIS, HACHETTE, 56 cahiers en 20 series, 1893, (cahiers examinés partiellement).

BELVALETTE (P.) : Cours de dessin industriel (1ère année), PARIS, DUNOD, 1959.

BERGERY (G.L.) : Géométrie appliquée à l'industrie à l'usage des artistes et ouvriers, METZ, THIEL, 1828.

BERNARD (A.) : Exercices de dessin (menuiserie, ébénisterie, charpente), PARIS, DUNOD, 1950.

BERNARD (A.) : Le dessin de menuiserie, (texte et atlas), PARIS, DUNOD, 2 tomes, 3ème éd., 1952.

BERNARD (A.), BITTES (A.) : Cours de dessin des industries mécaniques, (notions préliminaires), PARIS, FOUCHER, 2 tomes, 1945.

BERNARD (F.) : Eléments de construction à l'usage de l'ingénieur, PARIS, DUNOD, 1969.

BERTIN (J.) : Sémiologie graphique (diagrammes, réseaux, cartographie), PARIS, GAUTHIER-VILLARS, 1967.

BERTIN (J.) : La graphique, in Communication, 1970, n° 15, pp. 169-189.

BERTON (N.) : Eléments de dessin géométrique à l'usage des artistes et ouvriers qui suivent les cours industriels, METZ, LAMORT, 1827.

BERTRAND (J.E.) : Description des arts et métiers, NEUCHATEL, SOC. TYPOGRAPH, 19 tomes, 1771-1783.

BESSON (J.) : Theatrum instrumentorum et machinorum, LYON, BARTH, 1582.

BETANCOURT et LANZ : Essai sur la composition des machines, PARIS, BACHELIER, 1819.

BIRINGUCCIO : Pyrotechnie (1550), traduction française, ROUEN, 1627, reproduit dans MULLER (R.) : Evolution de la fonderie.

BLANCHARD (E.), (Maître menuisier) : Traité de la coupe des bois, PARIS, JOMBERT, 1729.

BLOEMAART (A.) : Elémens du dessin, AMSTERDAM, HOLTROP, 1800.

BLONDEL (J.F.) : Discours sur la manière d'étudier l'architecture et les arts qui sont relatifs à celui de bastir, PARIS, MARIETTE, brochure, 1747.

BLONDEL (J.F.) : Discours sur la nécessite de l'étude de l'architecture PARIS, JOMBERT, 1754.

BLONDEL (J.F.) : De l'utilité de joindre à l'étude de l'architecture celle des sciences et des arts qui lui sont relatifs, PARIS, DESAINT, 1771.

BOILEAU (E.) : Le livre des métiers, PARIS, Imp. Nale, 1884, (reproduction du livre des métiers ≃1300).

BOISSIER (J.) : La valeur culturelle du dessin technique, in Technique Art, Science, 1956, pp. 1-5.

BONIFACE (A.) : Cours élémentaire et pratique de dessin linéaire d'après les principes de PESTALOZZI, (texte seul), PARIS, FERRA, 2e éd., 1823.

BOOKER (P.J.) : A history of engineering drawing, LONDON , CHATTO et WINDUS, 1963.

BORGNIS (J.A.) : Théorie de la mécanique usuelle, PARIS, BACHELIER, 1821.

BOSSE (A.) : La manière universelle de M. DESARGUES pour poser l'essieu et placer les heures et autres choses aux cadrans du soleil, PARIS, DESHAYES, 1643.

BOSSE (A.) : La pratique du trait à preuves par M. DESARGUES Lyonnais, pour la coupe des pierres en l'architecture, PARIS, sans nom d'éditeur, 1640.

BOSSE (A.) : Traité des manières de dessiner les ordres de l'architecture antique en toutes leurs parties, avec plusieurs belles particularités qui n'ont point paru jusques à présent, touchant les bastiments de marques, comme la naturelle entresuitte des gros et menüs membres de leurs degrez ou escaliers, puis le moyen d'arrester par dessein et modelle un petit les parties d'un édifice en sorte qu'estant exécuté en grand, il fasse l'effet que l'on s'est proposé et enfin la pratique de trouver la place géométrale des jours, ombres et ombrages sur les coups géométraux, PARIS, chez l'auteur, 1664.

BOSSE (A.) : Traité des pratiques géométrales et perspectives enseignées dans l'Académie royale de la peinture et sculture. Les pratiques par figures des choses dites cy devant ainsy qu'elles ont esté enseignées et expliquées dans l'Académie royalle de la P. et S., (très utiles pour ceux qui désirent exceller dans ces Arts et autres où il faut employer la règle et le compas), PARIS, chez l'auteur, 1665.

BOVASSE (H.) : Résistance ds matériaux, PARIS, DELAGRAVE, 1920.

BOURRIOT (J.) : Le vaisseau de 76 canons, traité pratique d'art naval, GRENOBLE, Rd. des 4 S., 1973.

BOUISSOUX (M.) : Cours de schémas d'électricité, PARIS, DUNOD, 1958.

BOUISSOUX (M.), MONTAGNAC (J.) : Cours de schémas d'électricité, PARIS DUNOD, 7e éd., 1971.

BOUTEREAU (Ch.) : Nouveau manuel complet du dessinateur ou traité théorique et pratique de l'art du dessin contenant le dessin géométrique, le dessin industriel et le dessin topographique, PARIS, RORET, 2 tomes, 1842.

BRAIBANT (Ch.) : Histoire de la tour Eiffel, PARIS, PLON, 1964.

BREITHOF (N.) : Traité de perspective cavalière (texte et atlas), PARIS-LOUVAIN, GAUTHIER-VILLARS, 1881.

BRIÈS (S.) : La réduction des prix de revient par la classification "Briès-Topic", in fiches d'informations pédagogiques et techniques, (d'après Revue générale de mécanique 1953), 1959, n° 86-87.

BRILLOUIN (L.) : La science et la théorie de l'information, PARIS, MASSON, 1959.

BRISSON : Discours prononcé à la distribution des prix de l'Ecole Royale gratuite de Dessin et de Mathématiques en faveur des arts mécaniques, PARIS, s. éd., 1824, [B.N.Vp 1582].

BRONNER (K.), HÖIJER (B.) : Sélection de constructeurs (trad. I.N.R.D.P.) UNEM (Suède), CONSEIL DE L'ADMINISTRATION, 1967.

BRU (A.) : Cours général de dessin industriel, PARIS, DUNOD, 1950.

BUCHOTTE (Ingénieur) : Les règles du dessein et du lavis, pour les plans particuliers des ouvrages et des bâtiments et pour leurs coupes, profils, élévations et façades tant de l'architecture militaire que civile, PARIS, JOMBERT, 1754.

BUISSON (F.) : Dictionnaire de pédagogie et d'instruction primaire, PARIS, HACHETTE, 6 tomes, 1882, (nouvelle édition , 1911).

CANONGE (F.) : Aspect général de l'analyse technique, in le Cours Industriel, 1963, n° 6, pp. 161-163.

CANONGE (F.), DUCEL (R.) : La pédagogie devant le progrès technique, PARIS, P.U.F., coll. "l'Éducateur," 1969.

CAUDE (R.), MOLES(A.) : Méthodologie, vers une science de l'action, PARIS, GAUTHIER-VILLARS, 1964.

CERNESSON (L.) : Grammaire élémentaire du dessin (1ère partie, dessin linéaire), PARIS, DUCHER, nouvelle édition, 1881, (1ère éd. 1876).

CHABAL (J.), DE PRESTER (R.), SCLAPER (J.), DUCEL (R.) : Méthodologie de la construction mécanique, PARIS, FOUCHER, 1973.

CHARBUY (R.), JUSTE (P.) : Dessin de serrurerie et charpente métallique, PARIS, DUNOD, 1971.

CHARLES (Melle M.) : La femme dessinateur, PARIS, S.E.P., 1908.

CHEVAIS (D.) : Leçons de dessin industriel, (40 planches), éditeur non précisé, 7è éd., s.d.,1945(?)

CHEVALIER (A.) : Guide du dessinateur industriel, PARIS, HACHETTE, 1969.

CHEVALIER (A.), LECRINIER (J.) : Dessin de construction, de l'analyse à la définition, PARIS, HACHETTE, 1972.

CHEVALIER (J.) : Le Creusot, berceau de la grande industrie française, PARIS, s. éd., 1935.

CHEYSSON (M.E.) : Le Creusot, condition matérielle, intellectuelle et morale de la population, PARIS, s. éd., 1869,[B.N. 8°L 1757].

CHRISTIAN (M.) : Vues sur le système général des opérations industrielles ou plan de technonomie, PARIS, HUZARD, 1819.

CLINCHAMP (V. de) : Nouveau traité de la perspective et des ombres, PARIS, SAUTELET, 1826.

CLOPET (Ch.) : Leçons élémentaires de perspective linéaire, PARIS, ROUAM, 1884.

COLOMBAIN (M.) : L'aventure multiple des outils de l'écriture, FONTENAY, LUSSAUD, 1963.

COMPAING DE LA TOUR : Cours pour apprentis et ouvriers, PARIS, GAUTHIER-VILLARS, 1925.

COQUILLAT (G.), SEGURET (J.) : Dessin de construction en appareillage éléctronique (recueil de sujets), PARIS, DUNOD, 1965.

COTAN (G.) : Traçage des métaux en feuilles, PARIS, DUNOD, nouveau tirage, 1972.

COUFFIGNAL (L.) : La cybernétique, PARIS, P.U.F., Que sais-je ? 1963.

COURAJOD (L.) : L'école royale des élèves protégés, PARIS, DUMOULIN, 1874.

COUSIN (J.) : L'art du dessin démontré d'une manière claire et précise, édition revue et augmentée d'après les meilleures éditions (1ère éd. en 1571, 24 éd. successives), PARIS, BERNARD, 1750 (?).

CROUZET (M.) : Histoire générale des techniques, PARIS, P.U.F., 6 tomes, s. d..

DAIX (A.), PATROIS (J.) : Nouvelle méthode de dessin et de perspective pratique, PARIS, B.[illegible] des Sciences, 1842.

DAUMAS (M.) : Les instruments scientifiques au XVIIe et XVIIIe siècle, PARIS, P.U.F., [illegible]

DAVESNE (R.) : Livre de serrurerie nouvellement inventé par Robert Davesne, sans lieu, édité chez l'auteur, 1676.

DAVILER (A.C.) : Cours d'architecture qui comprend les ordres de Vignole, etc., PARIS, LANGLOIS, 1691.

DEFORGE (Y.) : La cotation statistique, in Bulletin de l'A.F.C.I.Q., 1964, n° [illegible].

DEFORGE (Y.) : La technologie, mémoire pour le diplôme d'études psychologiques et pédagogiques, LYON, ronéoté, 1964.

DEFORGE (Y.) : La cotation fonctionnelle d'un porte outil, in le Cours Industriel, 1965, n° 6 et 7, pp. 164-170 et 195-202.

DEFORGE (Y.) : La génèse des produits techniques : l'invention technique, thèse 3e cycle, ronéotée, PARIS, SORBONNE, 1966.

DEFORGE (Y.) : Peut-on apprendre à inventer ? in le Cours Industriel, 1966, n° 9, pp. 257-260.

DEFORGE (Y.) : Initiation à la lecture des dessins techniques, PARIS, I.P.N., 2e éd., 19[illegible]

DEFORGE (Y.) : L'éducation technologique, PARIS, TOURNAI, CASTERMAN, 19[illegible].

DEFORGE (Y.) : Cours de préparation à l'examen probatoire du Certificat d'aptitude à l'Inspection Technique, VANVES, C.N.T.E., ronéoté, 1963-73.

DEFORGE (Y.) : Modèles simulation et jeux dans l'enseignement technique, in Recherches Pédagogiques, publication I.N.R.D.P., 1973, n° 60, pp. 11-29

DEFORGE (Y.) : Réflexions sur les équipements des ateliers scolaires, in Education et Culture, 1973, n° 21, pp. 31-37.

DEFORGE (Y), LEYNAUD (A.), ORTIS (C.) : Manipulations et travaux pratiques de métrologie, PARIS, DUNOD, 3 tomes, 1970-1971.

DEGOULANGE (F.), DEFORGE (Y.) : Dessin technique, PARIS, ACOLIN, 2 tomes, 19[illegible].

DEGOULANGE (F.), THEOBLE (J.) : L'expression graphique en technologie, classes de 4e et 3e, PARIS, BORDAS, 1973.

DELAISTRE (L.) : Cours complet de dessin linéaire gradué et progessif, (4 parties), PARIS, MALLET-BACHELIER, 1855.

DELAUNAY (J.B.R.) : L'alphabet du trait appliqué à la menuiserie, PARIS, RORET, 1851.

DELEBECQUE (R.) : Bâtiment, 1 - Dessin, PARIS, DELAGRAVE, Technor, 1973.

DELFOSSE (G.) : Manuel de l'agent technique, PARIS, Ed. DE L'ENTREPRISE MODERNE, 3 tomes, 1959-1963.

DELORME (Ph.) : L'oeuvre de Philibert DELORME, fac-similé de l'Architecture et des nouvelles inventions pour bien bastir à petits frais, d'après l'édition de 1567, présentation de NIZET (C.), PARIS, L.I.R., 1894.

DENIS (H.) : La corporation , PARIS, P.U.F., Que sais-je ? 3è éd., 1942.

DESCAMPS (J.B.) : Discours sur l'utilité des établissements des écoles gratuites de dessin en faveur des métiers, in l'Ecole Royale de dessin, 1767, [B.N.V. 23842].

DESCAMPS (J.B.) : Sur l'utilité des écoles gratuites de dessin en faveur des métiers, PARIS, REGNARD, 1768.

DESSAIN (junior) : Reliefs de stéréotomie, s.l., brochure, 1774, [B.N. V.p 7674].

DIDEROT (D.), d'ALEMBERT (J.) : Encyclopédie ou Dictionnaire raisonné des sciences des arts et des métiers, PARIS, éd. divers, 1751-1780.

DIDEROT (D.), d'ALEMBERT (J.) : "L'Encyclopédie" : recueil de planches, sur les sciences, les arts libéraux et les arts mécaniques, avec leur explication, introduction d'A. PONS, PARIS, CERCLE DU LIVRE PRECIEUX, 6 tomes, éd. en fac-similé, 1964.

DINZIN (J.) : La classification actuelle des industries est-elle satisfaisante ? sans référence, 1957.

DOBLIN (J.) : Perspective, a new system for designers, NEW YORK, WITHNEY, 1956.

DORNIER (G.) : Art et technique de la civilisation égyptienne, in Technique, Art, Science, 1971, n° 143-144, 1960, pp. 20-23.

DREYFUSS (H.) : Symbol source book, NEW YORK, Mc GRAW-HILL, 1972.

DRUOT (A.) : Le dessin industriel dans les écoles techniques (compte rendu des travaux de la semaine du dessin), PARIS, DELAGRAVE, 2 tomes, 1925.

DRUOT (A.), LOUBIGNAC (J.L.) : Cours de dessin industriel (Encyclopédie industrielle et commerciale), PARIS, EYROLLES, 5e éd., 1927.

DUCASSÉ (P.) : Histoire des techniques, PARIS, P.U.F., Que sais-je ?, 1961.

DUCOLOMBIER (P.) : Les chantiers des cathédrales, PARIS, PICARD, 1953.

DUHAMEL du MONCEAU (H.L.) : Eléments de l'architecture navale, PARIS, JOMBERT, 2e éd., 1758.

DUMESNIL (G.) : La pédagogie révolutionnaire, PARIS, DELAGRAVE, 1883

DUNHAM (A.L.) : La révolution industrielle en France, PARIS, RIVIERE, 1953.

DUPASQUIER (L.) : Extrait du cours de dessin professé à l'école la Martinière, LYON, PERRIN, 2e éd., 1852.

DUPIN (Ch.) : Discours d'ouverture du cours de M. le baron Charles DUPIN, brochure 20 p., s.l.n.d., [B.N. Vp 4550].

DUPIN (Ch.) : Développement de géométrie pour faire suite à la géométrie descriptive et à la géométrie analytique de M. MONGE (texte et atlas), PARIS, COURCIER, 1813.

DUPIN (Ch.) : Avantages sociaux d'un enseignement public appliqué à l'industrie, brochure, 30 p., 1824, [B.N. Vp 8823].

DUPIN (Ch.) : Voyages dans la Grande-Bretagne, PARIS, BACHELIER, 5 tomes, 1821-1824.

DUPIN (Ch.) : Géométrie et mécanique des Arts et Métiers et des Beaux-Arts, PARIS, BACHELIER, 3 tomes, 1825.

DUPIN (Ch.) : Effets de l'enseignement populaire de la lecture, de l'écriture et de l'arithmétrique, de la géométrie et de la mécanique appliquée aux Arts, brochure, 30 p., 1826, [B.N. R.34542].

DUPIN (C.) : Historique de l'enseignement industriel et son influence sur le sort du peuple de 1815 à 1839, brochure 40 p., s.l. 1839, [s.l. [illegible] Vp [illegible]].

DUPUIS (A.) : Exposé sommaire pour mettre en pratique la méthode de dessin de M. DUPUIS Alexandre, brochure, s.l.n.d., 8 pages, [B.N. Vp [illegible]].

DUPUIS (A.) : Enseignement général du dessin et note manuscrite de 3 pages sur DUPUIS, [illegible], CERF, s.d., [B.N. Vp 24869].

DUPUIS (A.) : De l'enseignement du dessin sous le point de vue industriel, PARIS, GIROUX, 1836.

DUPUIS (F.) : Exposé sommaire du polyskématisme ou méthode concernant le dessin linéaire géométrique usuel, PARIS, chez l'auteur, 1851.

DUPUIS (A.), LOMBARD (J.) : Cours de dessin industriel, PARIS, DUNOD, 3 tomes, 1910.

DÜRER (A.) : Underweysung des Messung, NUREMBERG, sans nom d'éd., 1525.

DÜRER (A.) : Les quatre livres (traduction française de L. MEIGRET), PARIS, PERIER, 1557.

DÜRER (A.) : Lettres, écrits théoriques et traité des proportions (1528), (présenté par P. VAISSE), PARIS, HERMANN, 1964.

DURRANDE (D.) : Réalisation d'un programme logique de calcul de transformateurs, in Automatismes, 1964, tome 9, n° 5, pp. 203-207.

DUROT (R.), LAVAUD (R.), VISART (J.) : La cotation fonctionnelle, PARIS, HACHETTE, [illegible] tomes, 1971.

DUROT (A.), LOUBIGNAC (J.L.) : Cours de dessin industriel, PARIS, EYROLLES, 3e éd., 1957.

DUROUX (J.) : Cours de dessin industriel, LYON, DESVIGNE, l'E.T. moderne, s.d., 1960(?).

DUROUX (J.) : Manuel de dessin technique, LYON, DESVIGNE, s.d., 1954(?).

DUVAL (Ch-L.) : Du dessin dans l'industrie par les beaux-arts, PARIS, LACROIX, [illegible].

ELLUL (J.) : La technique ou l'enjeu du siècle, PARIS, A. COLIN, 1954.

ÉTEM (A.) : Cours élémentaire de dessin, (texte et atlas), PARIS, SANDRE, 3e éd., [illegible]

ÉVANS (O.) : Manuel de l'ingénieur mécanicien constructeur de machines à vapeur, PARIS, BACHELIER, 1821.

FABRE (M.) : Histoire de la locomotion terrestre, LAUSANNE, RENCONTRE, 1964.

FASSINA (A.) : L'entretien : méthode de recherches des pannes et apprentissage, in Bulletin du C.E.R.P., 1962, n° XI, n° 3, pp. 269-285.

FASSINA (A.) : Etude de la lecture et du dessin de schémas électroniques (ronéoté), PARIS, C.E.R.P., 1966.

FASSINA (A.) : Un intermédiaire dans le système homme-travail : le dessin technique, lecture et écriture des schémas explicatifs, (thèse 3e cycle), PARIS, ronéotée, 1969.

FASSINA (WEILL-) (A.) : La lecture du dessin industriel : perspectives d'étude, in le Travail Humain, 1973, tome 36, n° 1, pp. 121-140.

FASSINA (A.), PETIT (R.) : Les erreurs dans le dessin industriel, (ronéoté), MONTREUIL, A.F.P.A., 1968.

FASSINA (A.), PETIT (R.) : Premier essai d'un entraînement à la lecture du dessin industriel, PARIS, publication A.F.P.A. (O.D.I.R.), 1968.

FASSINA (A.), PETIT (R.) : Les erreurs de lecture en dessin industriel, in Bulletin de C.E.R.P., 1969, Tome XVIII, n° 1, pp. 1 à 11.

FAUCHILLE (A.) : Traité des dessins et modèles industriels, PARIS, ROUSSEAU, 1882.

FAVERJON (R.) : Cours résumé de dessin du bâtiment, PARIS, DUNOD, 1962.

FAVERJON (R.), FRAISSE (O.) : Cours résumé de dessin de plomberie et d'installation sanitaire, PARIS, DUNOD, 1971.

FAYOL (H.) : Administration industrielle et générale, PARIS, DUNOD, 1956.

FEIRER (J.L.) : Drawing and planning, PEORIA ALL., BENETT, 1966.

FELDHAUS (F.M.) : Geschichte des Technischen Zeichnens, WILHELMHAVEN, KUHLMANN, 2e éd., 1959.

FERENCZI (V.) : La perception de l'espace projectif, PARIS, DIDIER, 1966.

FERY (Père) : Plan des écoles de mathématiques pratiques et de dessin qui s'ouvriront à Reims dans les salles de l'Hôtel de Ville au mois de novembre 1748, REIMS, DELAISTRE, 1748. Plan des écoles ..., suivi de la réponse de l'Académie (de FOUCHY) et du mémoire sur le dessin (F. MONTHELON), [B.N. Vp 7633].

FIENERT (G.), PELLETIER (J.) : Cours de dessin graphique, PARIS, EYROLLES, 1968.

FLOCON (A.), TATON (R.) : La perspective, PARIS, P.U.F., Que sais-je ? 2e éd., 1970.

FONTAINE (C.) : Expression graphique et lecture des dessins techniques, ANNECY, GARDET, 1969.

FOUCHÉ (J.) : De l'enseignement oral du dessin industriel, PARIS, LACROIX, 1863.

FOURNEAU (N.) : L'art du trait de charpenterie, ROUEN, DUMESNIL, 3 tomes. (réunis), 1767-1771.

~~F.B.-B.~~ : Abrégé de géométrie appliquée au dessin linéaire, (texte et atlas), TOURS, MAME, 1872. (voir F.-B. (Frère))

FRAISSE (P.), PIAGET (J.) : Traité de psychologie expérimentale, (cf. Collectif).

FRANCOEUR (L.B.) : L'enseignement du dessin linéaire d'après une méthode applicable à toutes les écoles primaires (texte et atlas), PARIS, COLAS, 2e éd., 1827.

FRANKLIN (A.) : Dictionnaire historique des arts, métiers et professions exercés dans Paris depuis le XIIIe siècle, PARIS, WELTER, 1906.

FRÉDE (L.) : Einführung in das technische Zeichnen mit Aufgabensammlung, ESSEN (All.), FACHBUCHVERLAG WITZEL Gmbh, 1954.

FRENCH (T.E.), VIERCH (Ch.) : Engineering drawing and graphic technology, TORONTO, Mc GRAW-HILL, 12e éd., 1972.

FRÈRE-MONTIZON (M.) : Discours prononcé le 1er messidor an XI dans une des salles [illegible] d'enseignement, PARIS, BAUDOUIN, brochure B.N.

FRÈRE-MONTIZON (M.) : [illegible] gratuite de dessin en faveur des jeunes personnes, PARIS, BAUDOUIN, brochure, 1803.

FRÉZIER (M.) : La théorie et la pratique de la coupe des pierres et des bois ou traité de stéréotomie à l'usage de l'architecte, STRASBOURG, J.-D. DOUSSEKER, 3 tomes, 1737-1739.

FRIEDMANN (G.) : Où va le travail humain ? PARIS, GALLIMARD, nouvelle éd., 1963.

FULLER (DON) : Organizing, planning and scheduling for engineering operations, BOSTON, I.E.I., 8e éd., 1964.

FUNCK-HELLET (Ch.) : De la proportion, PARIS, VINCENT-FREAL, 1951.

GARDNER (M.) : L'étonnante histoire des machines logiques, PARIS, DUNOD, 1964.

GAUIGNET (L.) : Montres modernes, BESANCON, MILLOT, 1968.

GÉLIBERT (P.) : Orthographie linéaire universelle, PARIS, s. éd., 1868.

GÉMINARD (L.) : Instructions du 11 août 1964, enseignement de la technologie en 4e et 3e modernes, B.O. n° 31, 1964.

GÉMINARD (L.) : Technologie, analyse technique, logique d'agensement, in Techniques industrielles, 1968, n° 4, 26 p.

GÉMINARD (L.) : Logique et technologie, PARIS, DUNOD, 1970.

GIESECKE (F.E.), (et collaborateurs) : Technical drawing, LONDON, MC MILLAN, 1967.

GILLE (B.) : Les ingénieurs de la Renaissance, PARIS, HERMANN, 1964.

GIMPEL (J.) : Les bâtisseurs de cathédrales, PARIS, SEUIL, coll. "Le temps qui court", 1958.

GIN (G.) : Esquisse d'une méthode d'enseignement professionnel, BOLBEC, TASTE IN, 1895.

GLEASON (H.A.) : Introduction à la linguistique, PARIS, LAROUSSE, 1969.

GLOCHINO (J.W.), BROKEMA (H.J.) : Engineering drafting and graphics, CHICAGO, AMERICAN TECHNICAL SOCIETY, 1972.

G.M. (Frère) : Dessin géométrique et industriel (livre du maître et livre de l'élève), PARIS, J. de GIGORD, 1918.

GONNEAU, BARIOZ : Travaux manuels, carnet d'atelier, (1ère année), LYON, GEORG, s.d., 1900 (?).

GRENTHE (Y.), PARZYSZ (B.) : Grammaire des formes, dessin et mathématique, PARIS, O.C.D.L., 1971.

GRIMAL (P.) : L'audiovisuel est-il un nouveau langage au service de la communication ? in Le journal de l'audiovisuel, 1970, n° 75, pp. 15-19.

GRIMBLOT (L.), BOURDIER (E.) : Cours simultané de dessin linéaire et expressif industriel et artistique, PARIS, BOYER, éd. nouvelle, 1877.

GROUTEL (E.) : Lecture du dessin industriel, PARIS, FOUCHER, 1948.

GROUTEL (E.) : Dessin perspectif industriel, PARIS, FOUCHER, 1946.

GRIGNON (Cl.) : L'ordre des choses, PARIS, Ed. de MINUIT, 1971.

GROUTEL (E.) : Le tracé des ellipses en perspective normalisée, in Technique, Art, Science, 1953, 8e année, n° 3, pp. 37-39.

GUÉ (O.) : De l'enseignement du dessin. Discours de réception en séance publique de l'Académie des sciences, belles-lettres et arts de Bordeaux, BORDEAUX, Imp. de l'Académie, 1867.

GUEBIN (inspecteur général du dessin) : Documents manuscrits relatifs à l'enseignement du dessin, s.i.n.d., [I.P.N.M 386], env. 1900.

GUILLAUME (E.) : Psychologie de la forme, PARIS, FLAMMARION, 1937.

GUILLAUME (E.), PILLET (J.J.) : L'enseignement du dessin (monographie publiée à l'occasion de l'Exposition Universelle de 1889), PARIS, Imp. Nale, 1889.

GUILLAUME (P.) : La compréhension des dessins, in Journal de psychologie, 1953, tomes VII-IX, pp. 278-298.

GUINOT (J.P.) : Formation professionnelle et travailleurs qualifiés depuis 1789, PARIS, DOMAT, coll. d'hist. social, 1946 (?).

GUIRAUD (P.) : La sémiologie, PARIS, P.U.F., Que sais-je ?, 1971.

HAAS (W.)(le père) : Beschreibung und Abrisse einer neuen Buchdruckpresse, Ed. HAAS W. fils, 1790.

HACHETTE (J.N.P.) : Cours de géométrie descriptive, texte et atlas, s. l., 1810.

HACHETTE (M.) : Traité élémentaire des machines, PARIS, KLOSTERMANN, 1811.

HACHETTE (M.) : Eléments de géométrie à trois dimensions, 2 parties (synthétique et algébrique), PARIS, COURCIER, 1817.

HACHETTE (M.) : Traité de géométrie descriptive, PARIS, CORBY, 2 tomes, 1822

HARANG (F.), AVIGNAN (J.) : Géométrie descriptive, PARIS, DUNOD, 6e éd., 1957.

HARLET (A.), MARECHAL (P.) : Economie et organisation de l'entreprise, PARIS, MASSON, 1970.

HATON DE LA GOUPILLERE (J.N.) : Traité des mécanismes, PARIS, GAUTHIER-VILLARS, 1864.

HENRIET (L. d') : Cours de dessin des écoles primaires, enseignement gradué, PARIS, HACHETTE, 3 cahiers, 1880.

HENRY (J.B.) : Cours élémentaire de dessin linéaire adapté à tous les modes d'enseignement, PARIS, PERSON, 1844.

HERMANT (A.) : De l'influence des arts du dessin sur l'industrie, PARIS, chez l'auteur, 1857.

HOCHBERG (J.), Mc ALISTER (E.) : A quantitative approach to figural "goodness", in Journal of Experimental Psychology, 1953, vol. 46, n° 5.

HOOKE (R.) : Collection of lectures physical, mechanical, geographical and astronomical, LONDON MARTYN, 1679.

HOSCH (X.) : Traité de dessin de construction du meuble, PARIS, DUNOD, 3e éd., 1970.

HUGEL (L.) : L'école industrielle, (dessin appliqué), PARIS, DUCHER, 2 tomes, 1884.

HUISMAN (D.), PATRIX (G.) : L'esthétique industrielle, PARIS, P.U.F., coll. 'Que sais-je ?', 1961.

HUMBERSOT (J.) : Dessin industriel ; cotation fonctionnelle, cotation de fabrication, naissance d'un produit, PARIS, EYROLLES, 1967.

JACOBSON (R.) : A la recherche de l'essence du langage, in Diogène, Problèmes de langages, 1966, n° 51, pp. 22-38.

JAFFEUX (R.) : La cotation fonctionnelle du dessin du bureau d'étude, in Technique, Art, Science, 1957, n° 113, pp. 40-46.

JAFFEUX (R.) : Le dessin fonctionnel de définition, PARIS, DUNOD, 1966.

JANOD (R.) : L'évolution de l'enseignement technique, in Technique, Art, Science, 1974, n° 3-4 (numéro spécial).

JAUFFRET (M.) : Petite école des arts et métiers, PARIS, EYMERY, tome 4, 2e éd., 1824.

JENSEN (G.H.) : Engineering drawing and design, TORONTO, Mc GRAW-HILL, 1968.

JEQUIER (G.) : Manuel d'archéologie égyptienne, (les éléments de l'architecture), PARIS, PICARD, 1924.

JOUSSE (M.) : L'art de charpenterie, PARIS, JOMBERT, 3e éd., 1751, (1ère éd. 1630).

JOUSSE (M.) : La fidelle ouverture de l'art du serrurier ou l'on void, les principaux préceptes fesseings et figures touchant les expériences et opérations manuelles du dict Art,(1ère éd. 1627), PARIS, LEVY, 1874.

JUAN (L.) : Construction d'un test de dessins, in Bulletin du C.E.R.P., 1959, [illegible], n° [illegible], pp. 267-277.

[illegible] : Cours de dessin bâtiment gros-oeuvre, PARIS, LES NOUVEAUTES DE L'ENSEIGNEMENT, 1954.

KOENIGS (G.) : Introduction d'une théorie nouvelle des mécanismes, PARIS, HERMANN, 1905.

KRAFF (J. Ch.) : Traité des échafaudages,ou choix des meilleurs modèles de charpentes, PARIS, RORET, 1856.

LABARRAQUE (P.) : Exercices progressifs de dessin industriel normalisé, (3 séries), PARIS, BAILLIERE, 1961.

LABBÉ (E.), BEAUVAIS (P.) : Cours de dessin industriel appliqué aux machines, PARIS, DELAGRAVE, 2 tomes, 1912.

LACROIX (P.) : Le moyen-âge, histoire et description, (tome I), PARIS, s. éd., 1848.

LACROIX (S.F.) : Traité élémentaire de trigonométrie rectiligne et sphérique d'applications de l'algèbre à la géométrie, PARIS, DUPRAT, 2e éd., 1800.

LACROIX (S.F.) : Essais de géométrie sur les plans et les surfaces courbes (éléments de géométrie descriptive), PARIS, DUPRAT, 2e éd., 1802, (1ère éd. 1795).

LAFITTE (J.) : Réflexions sur la science des machines, PARIS, BLOUD et GRAY, 1932.

LAFLEUR (R.) : Dessin industriel appliqué aux métiers (questionnaires, textes et exercices), QUEBEC, MINISTERE DE L'EDUCATION (Service des cours par corresp.), 1957.

LAFLEUR (R.) : Langage graphique du monde du travail, pour tous, MONTREAL, Mc GRAW-HILL, 1967.

LAGOURNERIE (J. de) : Discours prononcé au Conservatoire Impérial des Arts et Métiers le 14 novembre 1854, PARIS, MALLET-BACHELIER, 1855.

LAGOURNERIE (J. de) : Traité de géométrie descriptive, (texte et atlas), PARIS, GAUTHIER-VILLARS, 6 tomes, 1873-1885.

LAHARPE (Cl. de) : Notes et formules de l'ingénieur, PARIS, A. MICHEL, 3 tomes, 22è éd., 1927.

LAMOTTE (M.L.) : Cours méthodique de dessin linéaire, (texte et atlas), PARIS, HACHETTE, 1820.

LAMOTTE (M.L.) : Le dessin linéaire des demoiselles, avec application à l'ornement et à la composition, à la broderie, au dessin des schalls, aux fleurs et aux paysages, (texte et atlas, texte seul), PARIS, HACHETTE, 1835.

LASSEZ (G.) : L'enseignement professionnel, ce qu'il est, ce qu'il doit être, PARIS, brochure, 1877, [B.N. Vp. 759].

LA RUË (J.B. de) : Traité de la coupe des pierres où par une méthode facile et abrégée l'on peut aisément se perfectionner en cette science, PARIS, Imp. ROYALE, 1728.

LATOMBE (J.C.) : Elaboration d'un système pédagogique d'assistance à la conception en électronique, (thèse), GRENOBLE, ronéotée, 1972.

LAURER (J.P.) : Le problème des pyramides d'Egypte, PARIS, PAYOT, 1948.

LAVOISIER (A.L. de) : Réflexions sur l'instruction publique, brochure, s.d., [B.N. R 8373].

LE BEALLE (A.) : Enseignement normal du dessin linéaire, (3 séries), PARIS, DELALAIN, 1869.

LEBLANC (V.) : Recueil des machines, instruments et appareils, texte seul, bibliothèque du C.N.A.M., s.d.

LEBLANC (V.) : Choix des modèles appliqué à l'enseignement du dessin des machines, (texte et atlas), PARIS, LACROIX, 1830.

LEBLANC (Vve) : Le mécanicien constructeur (ou atlas et description des organes des machines), PARIS, MATHIAS, 1845.

LEBLANC (V.), CHRISTIAN, DUBRUNFAUT : Recueil de 112 planches parues dans "l'industriel" représentant des machines instruments et appareils, s.l.n.d., 1825(?).

LEBLANC - POUILLET : Portefeuille industriel du Conservatoire des Arts et Métiers (ou atlas et description), (1er volume), PARIS, CONSERVATOIRE DES ARTS ET METIERS, 1834.

L.C. et F.P-B. : Abrégé de géométrie pratique appliquée au dessin linéaire, au toisé et au lever des plans suivi des principes de l'architecture et de la perspective, PARIS, MORONVAL, 12è éd., 1840.

LEGAY (F.), CAUET (R.) : Recueil pratique des lois et règlements de l'enseignement technique, PARIS, FOUCHER, 1958.

LEGOUX (Y.) : Du compagnon au technicien, PARIS, TECHNIQUE ET VULGARISATION, 1972.

LEGUAY (P.) : Théorie de la signification de la langue française, PARIS, GERKA, 1971.

LEMASSON (G.), TOURANCHEAU (A.L.) : Eléments de construction à l'usage de l'ingénieur, PARIS, DUNOD, 10 tomes, 1951...

LENORMAND (G.) : La normalisation internationale du D.T., in Technique, Art. Science, [illegible], n° 3, pp. [illegible].

LENORMAND (G.), MIGNEE (R.) : Construction mécanique, éléments de technologie, PARIS, FOUCHER, 4 tomes, éd. de 1974.
1 - Liaison des pièces mécaniques,
2 - Fonctions mécaniques élémentaires,
3 - Transmission de mouvement circulaire,
4 - Organes de transformations des mouvements, organes pour fluides.

LENORMAND (G.), PINEL (J.) : Mémento de dessin industriel :
1 - Conventions de représentation, cotation,
2 - Documentation dimensionnelle,
3 - Problèmes graphiques.
PARIS FOUCHER, 3 tomes, 1971-1974.

LÉON (A.) : Histoire de l'éducation technique, PARIS, P.U.F., Que sais-je ? 1961.

LÉON (A.) : La Révolution française et l'éducation technique, PARIS, S.E.R., bibliothèque d'histoire révolutionnaire, 1968.

LÉON (A.) : Une forme typique de l'enseignement technique à la fin du XVIII siècle : les écoles de dessin, in Bulletin du C.E.R.P., 1963, tome XII, n° 1, 12e année, pp. 67-79.

LÉON (A.) : Les origines et les débuts de la première Ecole d'arts et métiers, in Actes du 95è congrès national des sociétés savantes, REIMS, 1970, tome 1, PARIS, B.N., 1974, pp. 185-195.

LEPAUTE (J.A.) : Traité d'horlogerie contenant tout ce qui est nécessaire pour connaître et pour régler les pendules et les montres, PARIS, CHARDON, 1755.

LEPLAT (J.) : Exploration visuelle et système de repérage, in Bulletin du C.E.R.P.; 1960, tome IX, n° 1, 9e année, pp. 23-32.

LEPLAT (J.) : L'organisation temporelle de la transmission de l'information (ronéoté), PARIS, C.E.R.P., 1965.

LEPLAT (J.), PETIT (R.) : Relation entre le dessin et les exercices pratiques dans l'apprentissage d'un métier manuel, in Bulletin du C.E.R.P., 1965, XIV, n° 1-2, pp. 117-124.

LEROI-GOURHAN (A.) : Milieu et technique, PARIS, A. MICHEL, 1945.

LEROI-GOURHAN (A.) : Le geste et la parole (1 - technique et langage, 2 - la mémoire et les rythmes), PARIS, A. MICHEL, 2 tomes, 1964-1965.

LEROI GOURHAN (A.) : L'homme et la matière, PARIS, A. MICHEL, coll. "Sciences d'aujourd'hui", 1943 et 1971.

LEROY (C.F.A.) : Traité de stéréotomie (comprenant les applications de la géométrie descriptive), PARIS, BACHELIER, 2 tomes, 1844.

LEROY (C.F.A.) : Traité de stéréotomie, PARIS, GAUTHIER-VILLARS, 12e éd. 1890.

LESPINASSE (R. de) : Les métiers et corporations de la ville de Paris, PARIS, Imp. Nale, 3 tomes, 1892.

LETALNET (A.) : Technique et pratique du traçage des métaux en feuilles, PARIS, chez l'auteur, 1956.

LEUPOLD (J.) : Theatri machinarum generale et supplementum, LEIPZIG, BRETKOPF, 1739.

LIBMAN (P.) : Pour apprendre soi-même le dessin industriel, PARIS, CHIRON. 1930.

LINPERCH (P.) : Architectura mechanica of Moole-Boek, AMSTERDAM, COVENS et MORTIER, 1727.

LIPSMEIER (A.) : Technik und Schule, WIESBADEN (All. Féd.), F. STEINER, 1971.

LOCARD (E.) : Cours de dessin linéaire appliqué aux arts et à l'industrie (texte et atlas), PARIS, DUNOD, 2è éd., 1880.

LOMBARDO (J.V.), JOHNSON (L.O.), SHORT (W.I.) : Engineering drawing, NEW YORK, BARNES and NOBLE, 1956.

MACHERET (R.) : Cours de dessin industriel, PARIS, DUNOD, 3 tomes, 6e éd., 1971.

MAGDALENA (F.) : Organisation des fabrications mécaniques, PARIS, REVUE D'OPTIQUE, 1954.

Mc LUHAN (M.) : La galaxie de Gutenberg, PARIS, MAME, 4è éd., 1967.

MAILLY (J.) : La normalisation, PARIS, DUNOD, 1946.

MAROLOIS (S.) : Opera mathematica ou oeuvres mathématiques, traitant de géométrie, perspective, architecture et fortification, ARNHEM, HAGAE-COMITIS, 1614-1616.

MAROT : Oeuvre du sieur Marot, contenant plusieurs pensées utiles aux architectes, AMSTERDAM, chez l'auteur, 1700.

MAROT (Père et fils) : "Grand Marot", "L'architecture françoise", PARIS, FAUCHEUX et fils, 1650, (éd. phototypée 1950).

MARTIN (G.) : Cours de dessin industriel, (texte et atlas), LE HAVRE, T. LECLERC, (atlas seul), 1889.

MARTIN (J.) : Traité partique de dessin industriel, LIEGE, BERNARD et CENTRALE, 8e éd., 1924.

MARTIN SAINT-LÉON (E.) : Le compagnonnage, PARIS, A. COLIN, 1901.

MARTIN SAINT-LÉON (E.) : Histoire des corporations de métiers depuis les origines jusqu'à leur suppression en 1791, PARIS, ALCAN, 2è éd., 1909.

MARTINET (A.) : Le largage (cf. collectifs).

MARTINET (A.) : Eléments de linguistique générale, PARIS, COLIN, coll."U," 1967.

MARTINET (A.) : La linguistique synchronique (études et recherches), PARIS, P.U.F., coll."Sup.", 1970.

MARTRAY (F.) : Pédagogie de l'enseignement technique, PARIS, P.U.F., coll."Nouvelle encyclopédie pédagogique", 1952.

MARX (K.) : Extraits du Capital, PARIS, P.U.F., 1968.

MATSCHOSS (C.) : Das deutsche Museum, MUNICH, OLDENBOURG, 1925.

MAUGÉ (G.) : La représentation des mouvements et la schématisation, in Journal de psychologie, 1955, tomes IV-VI, pp. 243-252.

MEALLIER (G.) : Le calcul automatique, in Automatismes, n° spécial, mai 1964, tome IX, n° 5, p. 165.

MECHIN (J.) : Le dessin technique en 20 exercices (1 - mécanique), PARIS, Ed. DE L'ENTREPRISE MODERNE, 1960.

MERCIER (S.) : Tableaux de Paris, PARIS, AMSLERDAIN, tome X, 1788.

MERSENNE (P. MARIN) : Correspondance de P. MARIN MERSENNE, religieux [illegible] Paul TANNERY, (tome II : 1628-1630), PARIS, [illegible] 10 [illegible]

[illegible] : Dessin (groupe A), PARIS, C.N.T.E., 1971.

[illegible] : Application du traitement d'informations graphiques au bureau d'études, in Automatismes, 1966, tome XI, n° 10, pp. 537-543.

MOLES (A.) : La communication (cf. collectifs).

MOLES (A.) : La création scientifique, GENEVE, KISTER, 1957.

MOLES (A.) : Théorie de l'information et perception esthétique, PARIS, FLAMMARION, 19[illegible]

MONGE (G.) : Soixante dix-sept dessins originaux relatifs à l'art de fabriquer les canons (avec légendes et texte), Portefeuille de VAN ANSON, C.N.A.M., [383 n° d'ordre 2] repris dans la "Description de l'art de fabriquer les canons, PARIS, Imp. du Comité du Salut Public, an II. 1793-1794).

MONGE (G.) : Géométrie descriptive : leçons données aux Ecoles normales an III de la République, PARIS, BAUDOUIN, 1799.

MONGE (G.) : Feuille d'analyse appliquée à la géométrie à l'usage de l'Ecole polytechnique, PARIS, BAUDOUIN, 1802.

MONGE (G.) : Géométrie descriptive augmentée d'une théorie des ombres et de la perspective extraite des papiers de l'auteur par M. BRISSON, PARIS, [illegible], 4e éd., 1820.

MONTABERT (P. de) : Le dessin linéaire enseigné aux ouvriers ou les vraies leçons de la science graphique, (texte et figures réunis), PARIS, BOSSANGE, 183[illegible].

MONTAGNAN (H.) : Dessin-technologie-travaux manuels, in Technique, Art, Science, 194[illegible], janvier, pp. 32-38.

MONTMOLLIN (M. de) : Les systèmes hommes-machines, PARIS, P.U.F., coll. "Le psychologue", 1967.

MOREAU (G.) : Cours de dessin linéaire, (10 cahiers), PARIS, BOYER, 187[illegible].

MORIN (A.) : Aide-mémoire de mécanique pratique, PARIS, HACHETTE, 1838.

MORIN (A.) : Catalogue des collections du Conservatoire des arts et métiers, PARIS, GUIRAUDET, 1851.

MORIN (A.) : Leçons de mécanique pratique, (résistance des matériaux), PARIS, HACHETTE, 5 tomes, 1853 pour le tome IV.

MORIN (A.), TRESCA : De l'organisation de l'enseignement industriel et de l'enseignement professionnel, (brochure, 56 p.), PARIS, CHAIX, 1862.

MORNAND (J.) : Schémas d'électronique, (1- circuit de base), PARIS, DUNOD, 2 tomes, 2e éd., 1969.

MORRIS (Ch. W.) : Signs, language and Behavior, N.Y., PRENTICE-HALL, 1946.

MORTET (V.) : Un très ancien devis français, PARIS, PICARD, 1897.

MOUNIN (G.) : Introduction à la sémiologie, PARIS, LES EDITIONS DE MINUIT, coll. "Le sens commun", 1970.

MULLER (A.), ROGER (P.), FREMONT (Ch.) : Evolution de la fonderie de cuivre, PARIS, RENOUARD, 1903.

MUMFORD (L.) : Technique et civilisation, PARIS, SEUIL, coll."Esprit", 1950.

NACHTERGAL (A.) : Guide pour l'exécution des dessins de machines, PARIS, CH. BERANGER, 1934.

NAVILLE (P.) : La formation professionnelle et l'école, PARIS, P.U.F., coll."Nouvelle encyclopédie pédagogique", 1948.

NEEDHAM (J.) : Science and civilisation in China, CAMBRIDGE, UNIVERSITY PRESS, 6 tomes, 1965-1971.

NOËL (P.) : Technologie de la pierre de taille, PARIS, S.D.T.B.T.P., 1965.

NORBERT (M.) : Cours de dessin industriel et de technologie des machines, UZES,LA CAPITELLE, 1957.

NORBERT (M.), PHILIPPE (R.) : Aide-mémoire de l'élève dessinateur et du dessinateur industriel, UZES,LA CAPITELLE, réédition, 1972.

NORMAND (fils), DOULIOT, KRAFFT : Cours de dessin industriel, (atlas), PARIS, HACHETTE, 3e éd., 1857.

OCAGNE (M. de) : Les grandes écoles de France :
1 - Services de l'état,
2 - Carrières civiles.
PARIS, HETZEL, 2 tomes, 1888.

OLIVIER (E.) : Les maçonneries, tomes 2 : technologie des méthodes de construction, PARIS, ENTREPRISE MOD. D'EDITION, 4 tomes, 2e éd., 1967-1971.

OLIVIER (Th.) : Cours de géométrie descriptive, PARIS, CARILIAN-GOEURY, 2 tomes, 2e éd., 1852,(1ère éd. 1843).

ORTOLAN (A.), MESTAC (J.) : Guide pratique pour l'étude du dessin linéaire, (texte et atlas), PARIS, LACROIX, 1865.

OTTIN (A.) : Rapport sur l'enseignement du dessin à l'Exposition Universelle en 1878, PARIS, CHAIX, 1879.

OZANAM (D.) : La naissance du Creusot, in Revue d'Histoire de la Sidérurgie, 1963, tome IV, fascicule 3.

PANETIÉ (J.) : Cours de dessin d'ébénisterie, PARIS, DUNOD, 1951.

PANOFSKY (W.) : Deutsches Museum München (Catalogue), MUNICH, PETER-WINKLER, 1971.

PARRENS (L.) : Perspective et tracé des ombres, PARIS, A. COLIN-BOURRELIER, 6e éd., 1953-1969.

PASQUET (R.) : Dessin de définition, dessin d'exécution, in Technique, Art, Science, 1957, n° 113, pp. 36-39.

PASQUET (R.), BURTEL (P.) : Dessin industriel, PARIS, HACHETTE, 3 tomes, 1951.

PASQUET (R.), VACQUER (R.), DEGOULANGE (F.) : La cotation fonctionnelle, PARIS, DUNOD, 1965.

PAUZÉ (A.E.) : L'initiation au dessin industriel et à la lecture des plans (1ère partie), MONTREAL, Mc GRAW-HILL, 1965.

PAYEN (J.) : Capital et machine à vapeur au XVIIIe siècle, (les frères Périer et l'in[illegible]tion en France de la machine à vapeur de Watt), PARIS, MOUTON, 1969.

PAYEN (J.) : Histoire des sources d'énergie, GENEVE, EDITO-SERVICE, 19[illegible].

P.-B. [illegible] : Abrégé de géométrie appliquée au dessin linéaire, TOURS, MAME, [illegible].

PEIRA (P.) : Le dessin à travers les âges, PARIS, DESSINATEUR ET TECHNICIEN, 1957.

PELERIN (J.), (chanoine de Toul) : Artificiali Perspectiva, (fac-similé de l'édition de 150[illegible]), PARIS, TROSS, 1860.

PELLISSON (M.) : Les oeuvres auxiliaires et complémentaires de l'école en France, PARIS, Imp. Nale, 1903.

PERDIGUIER (A.) : Mémoires d'un compagnon, MOULINS, CAHIER DU CENTRE, 1914, 1ère éd. GENEVE, 1845).

PERS[illegible] (E.), SABATHÉ (D.) : Constructions mécaniques, petites études, NANTES, LES COURS DE l'E.N.S.M., 1962.

PERS[illegible] (M.) : Cours élémentaire de dessin linéaire, (texte seul), PARIS, [illegible], [illegible].

PETIT [illegible] : Une méthode directe d'enseignement de la géométrie descriptive, in Technique, Art, Science, 1958, n° 123, pp. 44-54.

PETIT (G.) : Insertion d'un appui conique dans une chaîne de pièces en appui parallèle, in Technique, Art, Science, 1967, n° 211-212, pp. 3-[illegible].

PHILIPON de LA MADELAINE (L.) : Vues patriotiques sur l'éducation du peuple, [illegible], 1783.

PIAGET (J.), [illegible] (B.) : La représentation de l'espace chez l'enfant, PARIS, [illegible], 194[illegible].

PIAGET (J.), [illegible] (B.), SZEMINSKA (A.) : La géométrie spontanée de l'enfant, PARIS, P.U.F., 1948.

PIERCE (J.R.) : Symboles, signaux et bruit , (introduction à la théorie de l'information), PARIS, MASSON, 1966.

PIERON (H.) : Vocabulaire de la psychologie, PARIS, P.U.F., 3e éd., 1956.

PILLET (F.J.) : Causeries sur le dessin industriel, (21 causeries), PARIS, Ed. chez l'auteur, 2 tomes, (1 perdu), 1894.

PILLET (F.J.) : Unification des signes et symboles employés dans le dessin, PARIS, bibliothèque graphique, 1906.

PILLET (F.J.) : La vision cérébrale, PARIS, bibliothèque graphique, 1906.

PILLET (J.J.) : Dessin géométrique, théorie des ombres et du lavis, PARIS, DELAGRAVE, 1890.

PILLET (J.J.) : Cours de lavis théorique de l'école Polytechnique, (1 - ombres usuelles ; 2 - rendu), PARIS, L.A.D.C., 1900.

PILLET (J.J.) : Note sur le dessin de machines, (brochure, 30 p.), PARIS, Lib. des arts du dessin, 1903.

PILLET (J.J.) : Directions pédagogiques relatives à l'application des programmes officiels de l'enseignement du dessin géométrique, PARIS, HACHETTE, 1905.

PINET (M.G.) : Note historique sur l'enseignement du dessin à l'Ecole polytechnique, PARIS, s.l.n.d., [B.N. 4°V7137].

PLECY (A.) : Grammaire élémentaire de l'image, PARIS, ECOLE ESTIENNE, 1962.

PLINVAL-SALGUES (R de) : Bibliographie analytique des expositions industrielles et commerciales en France depuis l'origine jusqu'à 1867, mémoire ronéoté , 1960 (Bibl. FORNEY).

POIGNON (P.) : Les nouveaux documents du dessinateur, SARREGUEMINES, PIERRON, 1958.

POIGNON (P.) : Construction des machines, SARREGUEMINES, PIERRON, 3 tomes, 1959.

POLY (J.), VAN VOUREN (C.) : Groot volkomen Moolenboek, AMSTERDAM, COVENS et MORTIER, 2 tomes (réunis), 1734 (tome 1), 1736 (tome 2).

POMPÉE (Ph.) : Etude sur l'éducation professionnelle en France, PARIS, PAGNERRE, 1863.

PONCELET (J.V.) : Traité des propriétés projectives des figures, PARIS, BACHELIER, 1822.

PONCELET (J.V.) : Introduction à la mécanique industrielle physique et expérimentale, METZ, THIEL, 2e éd., 1841, (1ère éd. 1829).

PONCELET (J.V.) : Notes sur quelques principes de mécanique relatifs à la science des machines, (brochure 15 p.), s.l., 1832, [B.N..Vp 5887].

PRIETO (L.J.) : Messages et signaux, PARIS, P.U.F., coll." Sup.", 1966.

PROST (A.) : L'enseignement en France 1800- 1967, PARIS, A. COLIN, coll."U", 2e éd. 1970.

PROTOT (J.L.) : L'ami des ouvriers ou nouveau traité de géométrie descriptive théorique et pratique, (texte et planches), REIMS, GUYOT-ROBBET, 1833.

QUATREMÈRE de QUINCY (A.) : Considérations sur les arts de dessin en France, PARIS, DESENNE, 1791.

QUATREMÈRE de QUINCY (A.) : De l'architecture égyptienne, PARIS, BARROIS, 1803.

QUATREMÈRE de QUINCY (A.) : Considérations morales sur la destination des ouvrages de l'art, PARIS, CHAPELET, 1815.

QUEF (P.) : Histoire de l'apprentissage, PARIS, L.G.D.J., 1964.

QUESTEL (Cl.) : Cours analytique de technologie de construction mécanique, PARIS, DUNOD, 2 tomes, 1970-1972.

QUINET (R.), FERRARO (M.) : Premiers pas dans la perspective, PARIS, GAMMA, 1970.

RAULT (F.) : Traité de dessin géométrique à l'usage des écoles professionnelles (1- perspective conique, partie élémentaire ; 2- perspective conique, partie complémentaire), PARIS, DUNOD, 2 tomes, 1920-1921.

REIBER (E.) : L'enseignement primaire du dessin, PARIS, chez l'auteur, 1878.

REICHEN (Ch. A.) : Histoire de la physique, LAUSANNE, RENCONTRE, 1964.

REMAND (M.) : L'homme dans l'entreprise, PARIS, RAYONNEMENT DU LIVRE, 1963.

RESILLOT (G.) : Cours de dessin industriel, PARIS, HERMANT, s.d., 1936 (?).

REULEAUX (F.) : Cinématique, (principes fondamentaux d'une théorie générale des machines), traduit par DEBIZE, PARIS, SAVY, 1877.

REULEAUX (F.) : Le constructeur, PARIS, SAVY, 2e éd., 1881.

REY (E.) : Méthode analytique, mnémonique et synthétique pour l'enseignement du dessin, PARIS, HACHETTE, 1834.

RIBEROL (H.) : Aide-mémoire, dessin industriel, PARIS, DELAGRAVE, 1972.

RIBEROL (H.), CHEVALIER (A.) : Travaux graphiques (2è ouvrage d'une coll. de 4), PARIS, DELAGRAVE, 4 tomes, 1963.

RICHAUDEAU (F.) : La lisibilité (langage, typographie, signes ... lecture), PARIS, DENOEL, 1969.

RICOPDEAU (A.) : Vingt leçons géométrie descriptive appliquée au dessin, PARIS, AGENCE DE VENTE ET D'EDITION, 1967.

RICOPDEAU (A.), COMPAIN-MEFRAY (P.) : Cahiers d'exercices rapides de dessin industriel, PARIS, AGENCE DE VENTE ET D'EDITION, 3 cahiers, 1960.

RIGAULT (G.) : l'Institut des frères des Écoles chrétiennes, PARIS, GRASSET, 1938.

RIGER (Th.) : La cathédrale de Strasbourg, STRASBOURG, D.N., 8è éd., 1971.

RIVIÈRE (P.) : Le dessin industriel, in Technique, Art, Science, 1967, n° 205-209, pp. 34-44.

ROBINET (aîné) : Cours de lavis appliqué à l'enseignement du dessin d'architecture et des machines, PARIS, LACROIX, 4e éd., 1841.

RONDELET (M.) : Discours pour l'ouverture du cours de construction et de stéréotomie (brochure,18 p.), PARIS, Imp. de FAIN, 1810(?).

ROPION (R.) : La cotation fonctionnelle des dessins techniques, PARIS, DUNOD, 1961.

ROSSIGNEUX (J.) : Technologie (dessin), DIJON, C.R.D.P., 1967.

ROUBO (A.J.) : Description des arts et métiers faite ou approuvée par messieurs de l'Académie Royale des Sciences, (préface de DUHAMEL du MONCEAU), PARIS, SAILLANT, 2 tomes, 1769-1770.

ROUGIER (P.) : Histoire des techniques et des inventions, PARIS, HACHETTE, nouvelle éd. , 1967.

ROUSSELET (J.) : L'adolescent en apprentissage, PARIS, P.U.F., coll. "Paideia", 1961.

ROZOI (B. Farmian) dit de ROZOI : Essai philosophique sur l'établissement des écoles gratuites de dessin pour les arts méchaniques, PARIS, DUILLARD, 1780.

RUBIO de TERAN (R.) : Géométrie du dessin technique (cours de dessin technique), PARIS, MASSON, 3 tomes, 1955 (T1), 1956 (T2).

RUBIO de TERAN (R.) : Les systèmes de projections orthogonales, in Technique, Art, Science, 1959, n° 129-130, pp. 77-82.

SALICIS (M.G.) : Enseignement du travail manuel (monographie publiée à l'occasion de l'Exposition Universelle de 1889), PARIS, Imp. Nale, 1889.

SAPIR (E.) : Le langage, PARIS, PAYOT, 1970.

SAUSSURE (F. de) : Cours de linguistique générale, PARIS, PAYOT, 4è éd., 1949.

SAUVAGE (J.J.), VANDENHOUTEN (L.) : Le croquis à l'école primaire, essai sur l'emploi du dessin comme moyen d'enseignement, PARIS, LAROUSSE, 2e éd., 1910.

SAVOYE (A.), DORIS (G.) : Utilisation d'un calculateur électronique pour la recherche des meilleures conditions d'usinage, in Revue du G.A.M.I., 1963, n° 3, pp. 3-10.

SAVOT (L.) : L'architecture françoise, figures et notes de M. BLONDEL, PARIS, CLOUZIER, 1673, (1ère éd. 1624).

SCHMIDT (O.) : Le dessin industriel, LEIPZIG, VEBED, éd. franç. 1963.

SERRE (G.) : Leçons de dessin industriel et de technologie, PARIS, DUNOD, 4 tomes, 1956.

SIMERAY (J.P.) : Les graphiques au service de l'entreprise, PARIS, HOMMES ET TECHNIQUES, 1971.

SIMONDON (G.) : Cours sur l'invention et le développement des techniques, PARIS, SORBONNE (polycopié), 1968-1969.

SINCÉ (P.) : Réseaux particuliers de liaisons mécaniques, in le Cours industriel, 1973, n° 8-9-10-11.

SOULARD (R.) : Histoire de la machine, LAUSANNE, RENCONTRE, 1964.

SOURIAU (E.) : Avenir de l'esthétique, essai sur une science naissante, PARIS, ALCAN, 1929.

SPENGLER (O.) : L'homme et la technique, PARIS, GALLIMARD, coll. "idées", 1958.

STEEDS (W.) : A history of machine tools, 1700-1910, OXFORD, CLARENDON, 1969.

STIRLING (N.) : Introduction to technical drawing, TORONTO, Mc MILLAN, éd. révisée, 1970.

STORPER-PEREZ (D.), VEIL (C.) : Observation des communications non-verbales au sein de petits groupes, in Bulletin de Psychologie, 1968, numéro spécial.

SWAAN (W.) : La cathédrale gothique (traduit de l'anglais), PARIS, F. NATHAN, 1970.

TABART-BINET (Mme M.T.) : Le fer forgé dans l'île Saint-Louis, in Technique, Art, Science, 1957, n° 111-112.

TATON (R.) : L'oeuvre scientifique de Monge, PARIS, P.U.F., 1951.

TAYLOR (F.W.) : La direction des ateliers (éd. française), PARIS, DUNOD, 1913.

THENOT (J.P.) : Dessin linéaire à la règle et au compas appliqué à l'industrie, PARIS, PERSON, 1851.

THIBAULT-LAULAN (A.M.) (Mme) : L'image dans la société contemporaine, PARIS, DENOEL, 1971.

[illegible] (A.) : [illegible] aité de l'horlogerie méchanique et pratique, PARIS, [illegible] (fac-simile, PARIS, Ed. du PALAIS, 1972).

[illegible] : Reading exercises in Engineering Drawing, LONDON, [illegible]

[illegible] : Une nouvelle approche de l'enseignement du dessin industriel, in Technique, Art, Science, 1970, n° 241-242, pp. 28-30.

TOURANCHEAU (J.) : Le schéma, in Technique, Art, Science, 1951, n° 7, pp. 33-38.

TOURNEBIZE (J.) : Dessin et technologie, PARIS, MASSON, 2 tomes, 1970-1972.

TRAYER (fils aîné) : Cahier de géométrie descriptive, 1768, [manuscrit n° 694 [illegible], bibl. des COMPAGNONS].

TUDOT (E.) : Eléments de dessin industriel formant un cours de dessin linéaire et de tracé géométrique, (texte et atlas), PARIS, CARILIAN-COEURY, 2e éd., 1842.

UBALDI (G.) : Le mechaniche (1ère éd. 1577), (traduit en vulgaire par F. [illegible]), [illegible], F.F. SANESE, 1581.

UBALDI (G.) : Mechanische Kunstkammer (traduit de l'italien par D. MOGLING), FRANKFURT am MAIN, MERIAN, 1629.

UFANO (D.) : Tratado de la artilliria, EN BRUSSELAS, s. éd., 1613.

VADOT (N.) : Le Creusot, son histoire, son industrie, LE CREUSOT, PAUTET, 1875.

VALLÉE (L.L.) : Traité de la science du dessin pour faire suite à la géométrie descriptive du même, (texte et atlas), PARIS, COURCIER, 1821.

VALMALETTE (J.M.) : Le dessin technique normalisé, 1ère partie, tome I, PARIS, VUIBERT, 1957.

VERGEZ (R.) : Les tours inachevées, PARIS, JULLIARD, 1959.

VEZIN (L.) : Etude de la représentation du monde technique chez l'enfant et l'adolescent (8 à 15 ans), (thèse de 3e cycle, origine indét.).

VIEUXBLED (R.) : Dessin de bâtiment, PARIS, DUNOD, (5e éd.,) 1971.

VIEUXBLED (R.) : Leçon de dessin industriel dans le cadre de la découverte, in Technique, Art, Science, 1961, n° 145, pp. 57-61.

VIGNOLE (J.B. de) : Livre nouveau ou règles des cinq ordres d'architecture, PARIS, CHARPENTIER, 1757.

VILLARD de HONNECOURT : Album de V. de H. (1250 environ), publié en fac-simile par J.B.A. LASSUS, PARIS, Imp. Nale, 1858.

VINTRAS [illegible], BANSE (J.) etc. : Le corporatisme ancien de construction [illegible], PARIS, ACADEMIE DE MARINE, 1939.

VIOLLET-LE-DUC (E.) : Dictionnaire raisonné de l'architecture française du XIe au XVIe siecle (tome septième), PARIS, MOREL, 10 tomes, 1858 (1er tome).

VIOLLET-LE-DUC (E.) : Entretiens sur l'architecture, PARIS, MOREL, 2 tomes, [illegible].

VIOLLET-LE-DUC (E.) : Histoire d'un dessinateur (comment on apprend à dessiner), PARIS, HETZEL, 1879.

[illegible] (R.), [illegible] (U.) : Traité de dessin du bâtiment (trad. de [illegible]), [illegible], [illegible]. [illegible].

[illegible] : Les dix livres d'architecture corrigés et traduits en français avec des notes par [illegible], PARIS, J.B. COIGNARD, 2 tomes, 1684.

VOIART (J.P.) : Entretiens sur la théorie de la peinture, PARIS, EYMERY, 1820.

VOILQUIN (L.) : Géométrie descriptive (tome I), PARIS, TECHNIQUES ET VULGARISATION, (des études à l'industrie), 2 tomes, nouv. tirage, 1969.

VOISIN (L.) : Histoire du dessin industriel et évolution de la pédagogie de son enseignement, in Technique, Art, Science, 1952, 7e année, n° 2, pp. 35-37.

WEILL (R.), MEGRELIS (Ch.) : Optimalisation des conditions d'usinage. in Automatisme ,1954, tome IX, n° 5, pp. 166-176.

WERTHEIMER (M.) : Productive thinking, NEW-YORK, HARPER, 1945.

WHITE (J.C.) : Constructions industrielles en acier, in Industrialisation forum, Canada, 1970, n° 3.

WOODBURY (R.S.) : History of the lathe to 1850, (monographie n° 1), CLEVELAND, SOCIETY FOR THE HISTORY OF TECHNOLOGY, 1961.

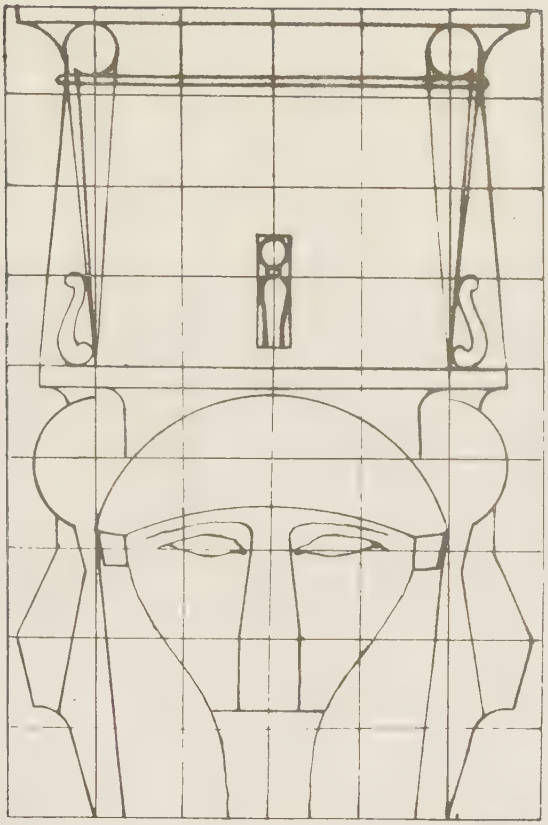
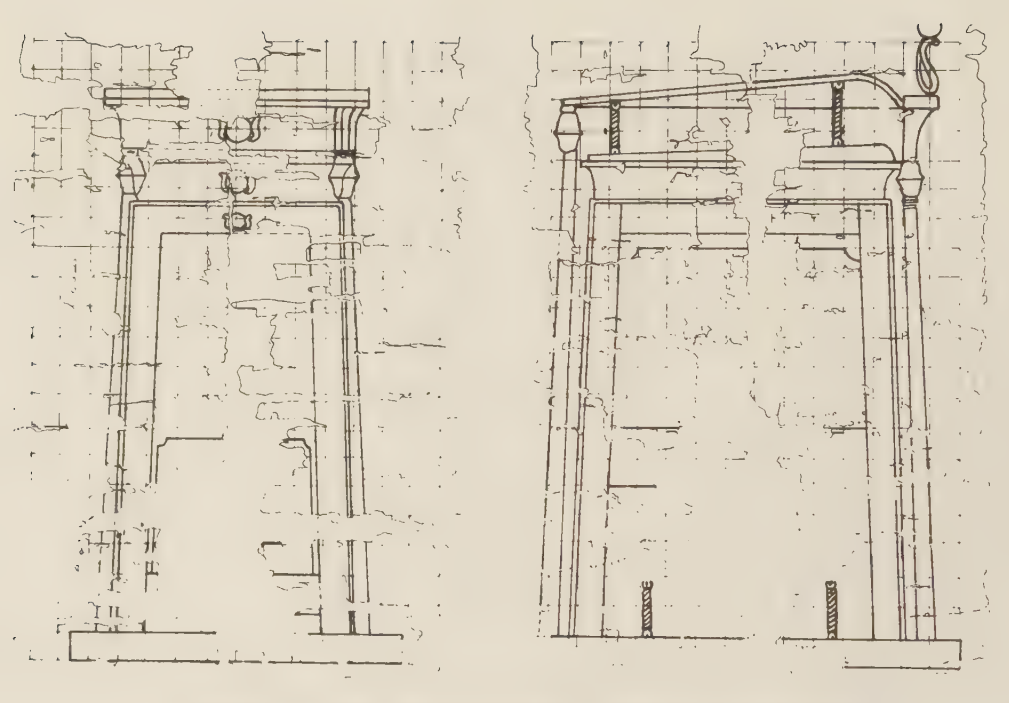


fig. 1

Epure d'un chapiteau à tête d'Isis, (2800 av.J.C.?), dessin de l'auteur d'après descrip. des Ant. égyptiennes, tome II des figures, chap.XVI, pl. 62, fig. 3.

fig. 2

Chapiteau à tête d'Isis du temple de DENDERAH,
dessin de l'auteur d'après descrip. des Ant. égyptiennes,
tome IV des figures.



Dessin d'un naos, papyrus de GUR'AB, dessins de l'auteur d'après l'Histoire générale des techniques, tome 1, p. 176.

Fig. 3

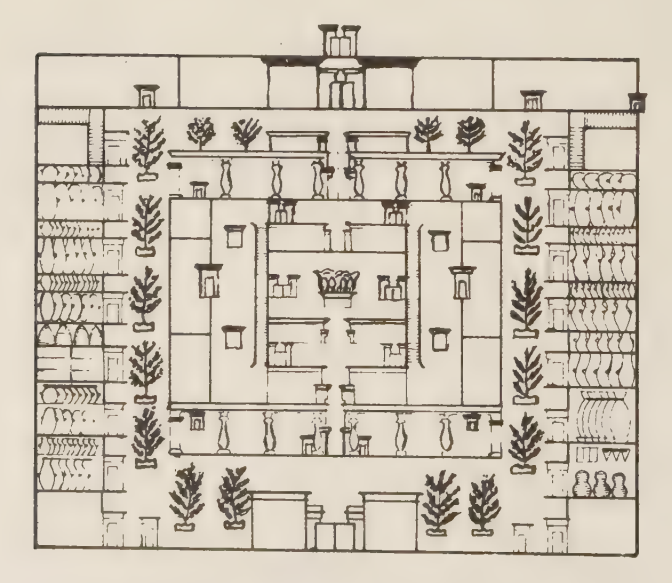


Fig. 4

Plan d'une habitation de TELL EL AMARNA, techniques des rabattements successifs, dessin de l'auteur d'après l'Histoire générale des techniques, tome 1, p. 178.

GUDEA, l'architecte au plan, détail du plan, art néo-sumérien,
(2100 av. J.C.) ,
Photo Musée du Louvre, inventaire n° A02.

fig.5

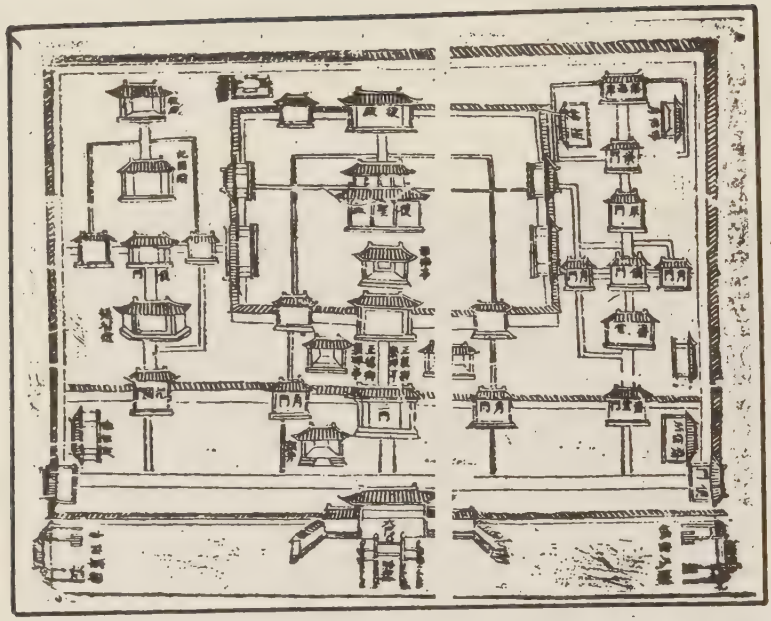


fig. 6

Plan d'un temple de CONFUCIUS, SHENG HSIEN TAO THUNG THU TSAN,
(1629),
d'après NEEDHAM, Science et Civilisation, vol. IV.3, fig. 744.

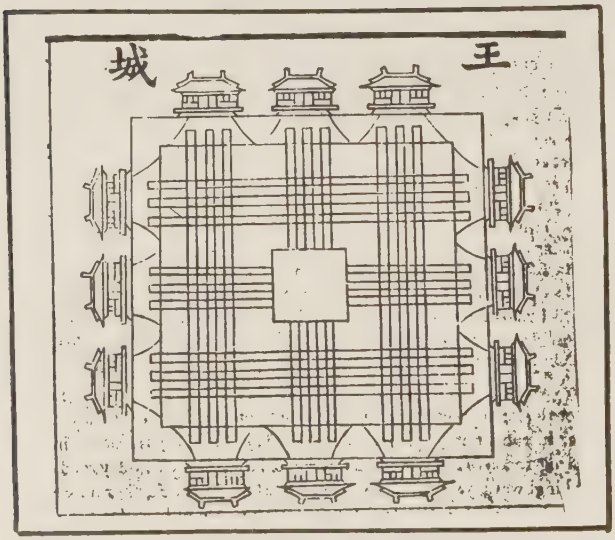


fig. 7

Plan d'une ville impériale, SAN LI THU (≃ 1100),
d'après NEEDHAM, Science et Civilisation, vol. IV.3, fig. 712.

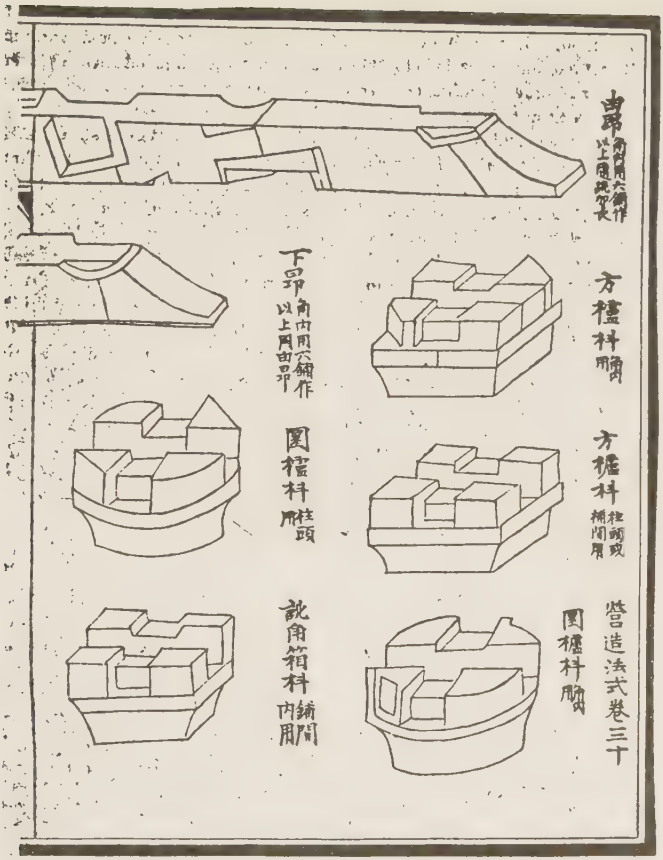
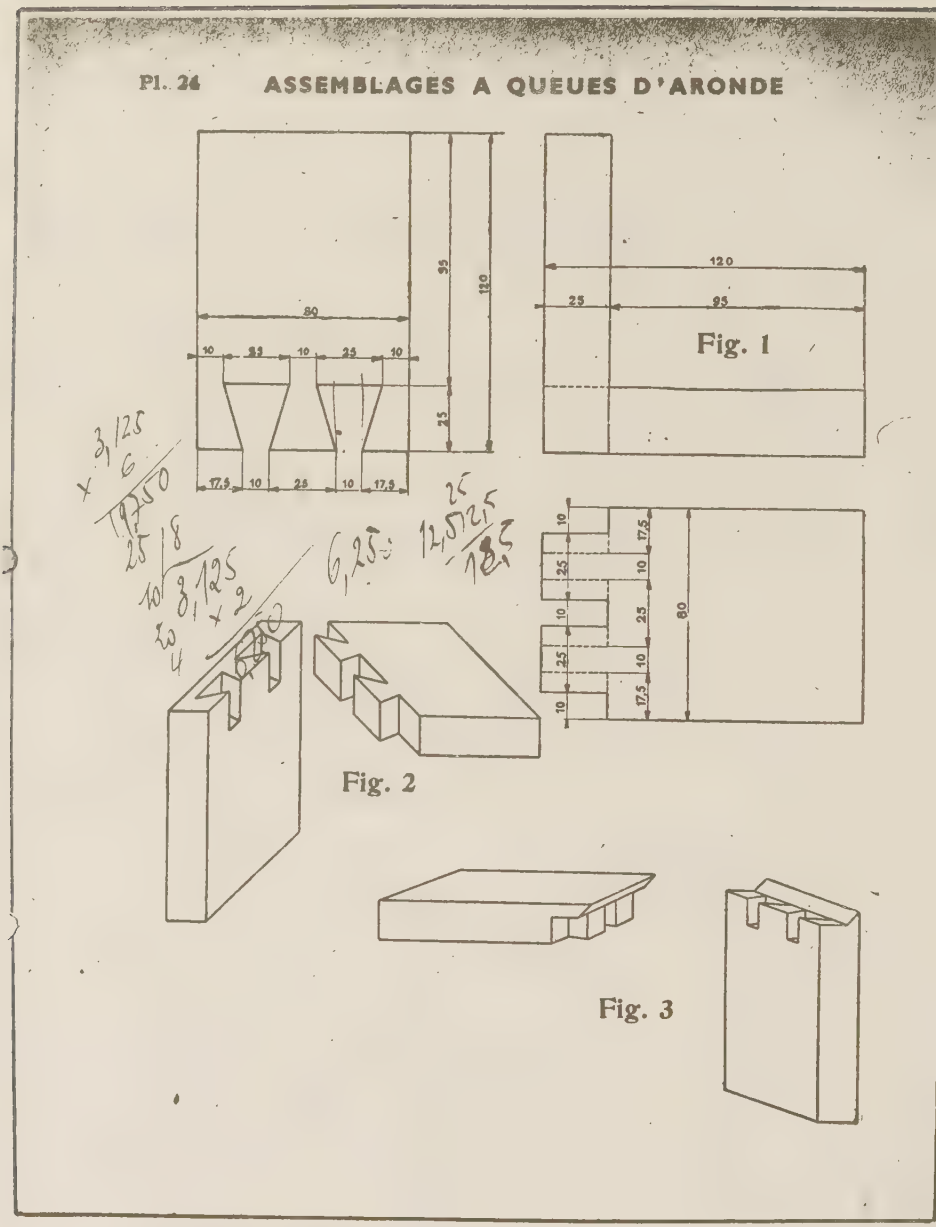


fig. 8

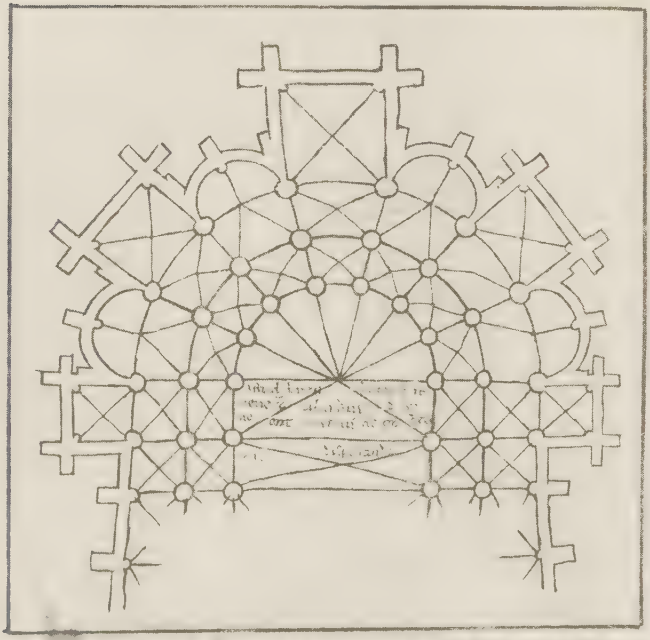
Poutres et chapiteaux, TRAITE DE METHODES D'ARCHITECTURES,
(1097-1145),
d'après NEEDHAM, Science et Civilisation, vol. IV.3, fig. 774.



Assemblages à queues d'aronde,
A. BERNARD, Le dessin de menuiserie, (1952), tome 2, pl. 24.

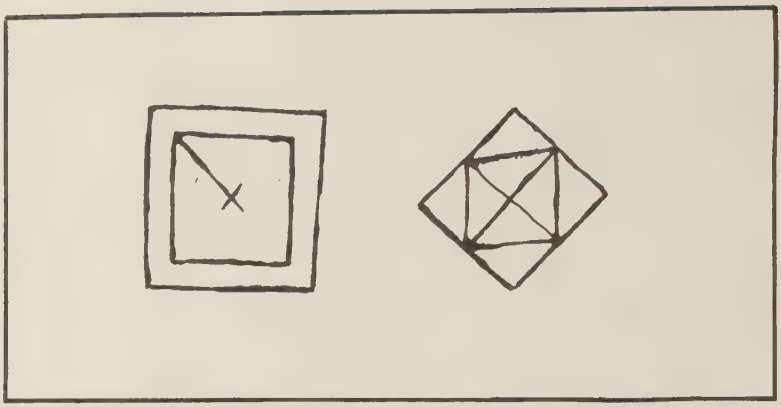
Délimitation du plan de CLUNY, (XIIe siècle),
origine inconnue.

Fig. 10



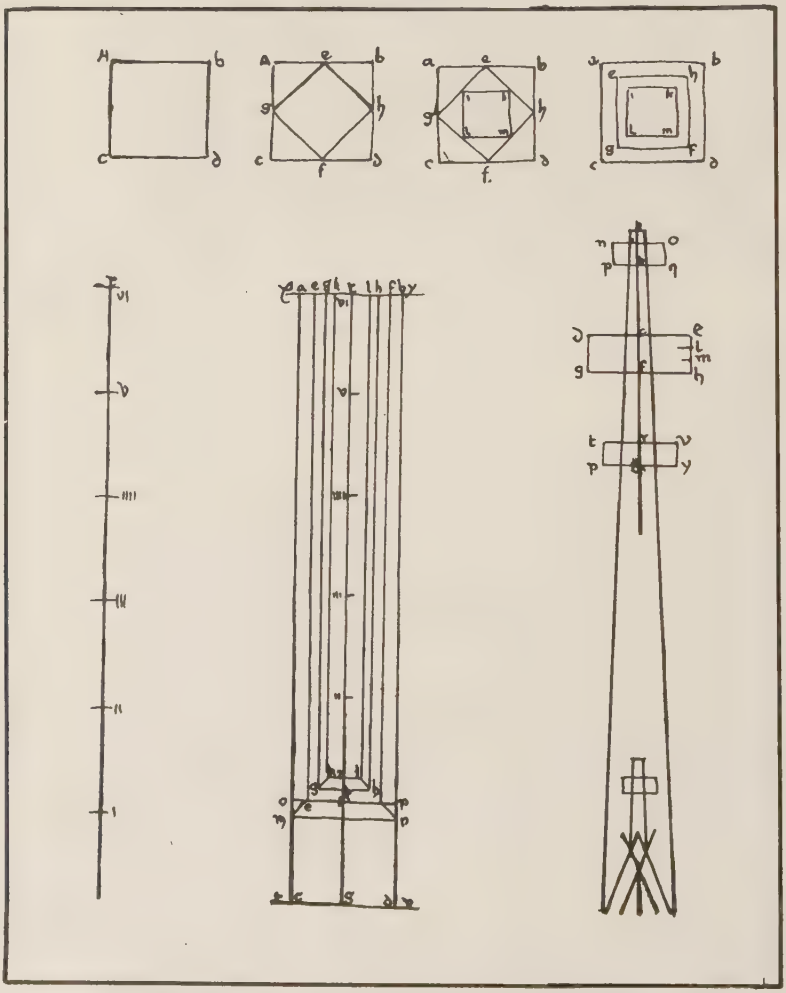
Plan du coeur d'une église inventé par VILLARD de HONNECOURT
et PIERRE de CORBIE, (1250),
d'après DUCOLOMBIER, Les chantiers, (2e éd.).

Fig. 11



Tracé au carré, d'après VILLARD de HONNECOURT, Carnets, (≈ 1250), dessins de l'auteur.

fig.12

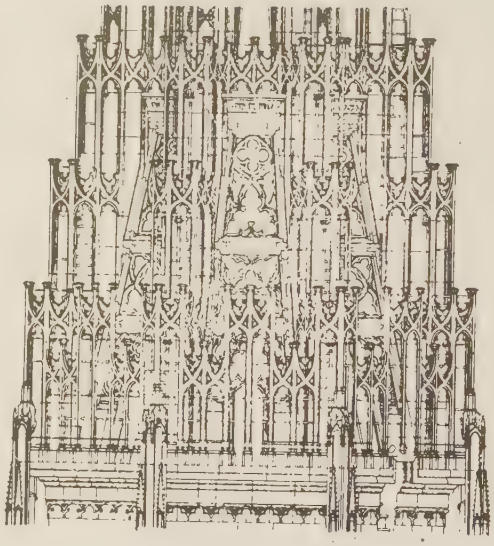


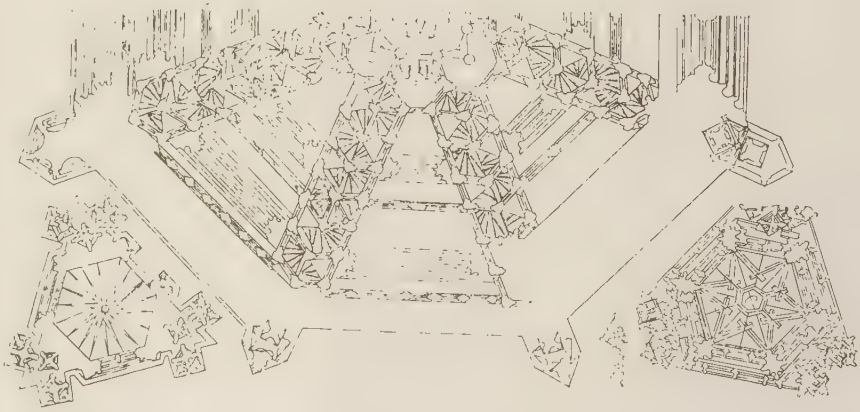
Plan et élévation d'un pinacle d'après RORICZER, (1459), dessins de l'auteur.

fig.13

Cathédrale de [illegible], relevé de la façade occidentale, (XVe siècle). Musée de l'Oeuvre, [illegible], inventaire n° [illegible].

Fig. 14



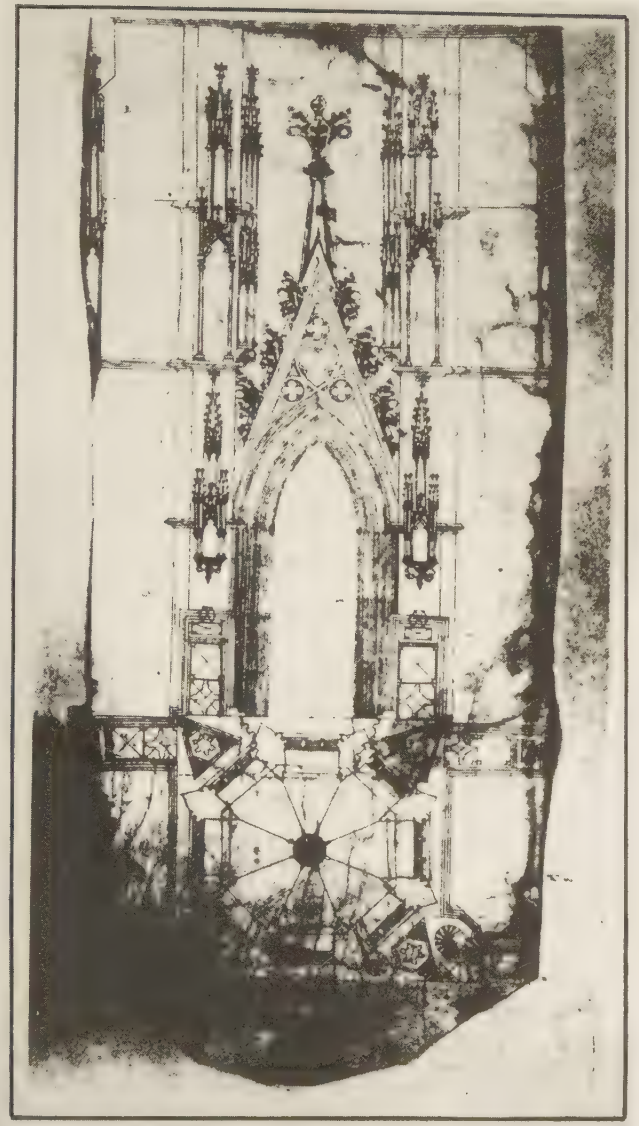


Elévation du clocher, projet partiel, cathédrale de STRASBOURG,
dessin de Jean HULTZ, (≃1419),
d'après DUCOLOMBIER, Les chantiers, (2è éd.).

fig.15

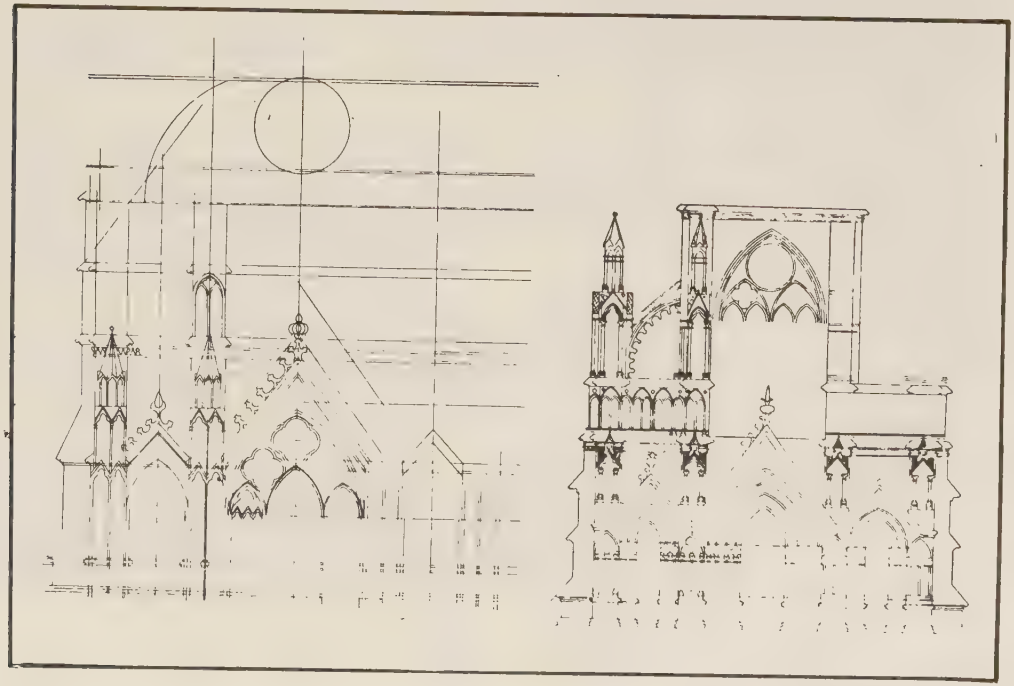
Plan de la pyramide, projet, cathédrale de STRASBOURG,
dessins de Jean HULTZ, (≃1419),
d'après DUCOLOMBIER, Les chantiers, (2è éd.).

fig.16



Projet de clocher, élévation et plan correspondant,
pour la cathédrale de FRIBOURG, (≃1350),
Nuremberg, musée gérmanique,
d'après DUCOLOMBIER, Les chantiers, (2è éd.).

fig.17



Elévations partielles de la façade, projets, cathédrale de REIMS, (≈1250), d'après DUCOLOMBIER, Les chantiers, (2è éd.).

fig. 18

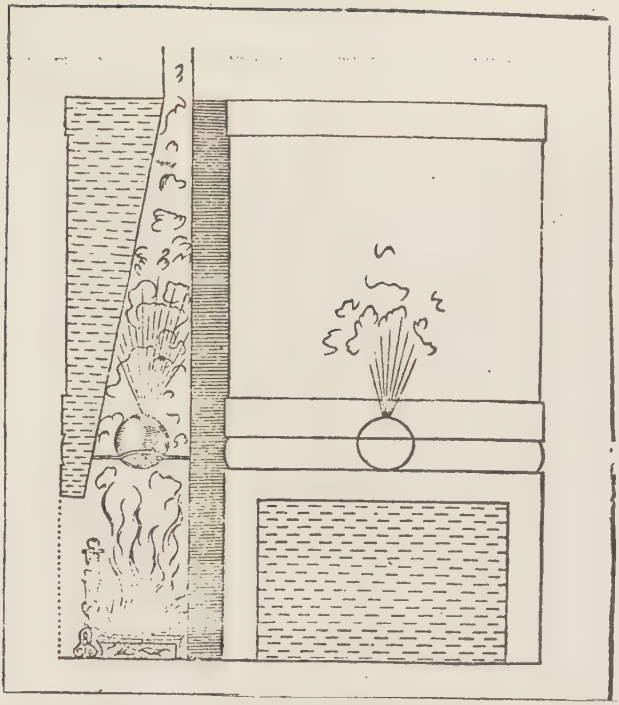
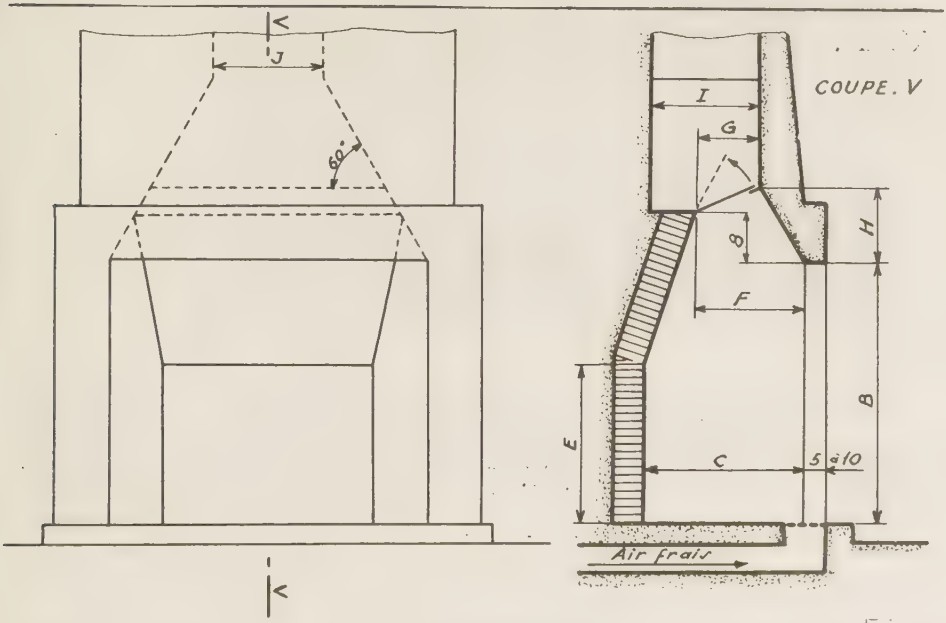


fig. 19

Elévation et coupe d'une cheminée, Ph. DELORME, de l'Architecture, livre IX, (1561)

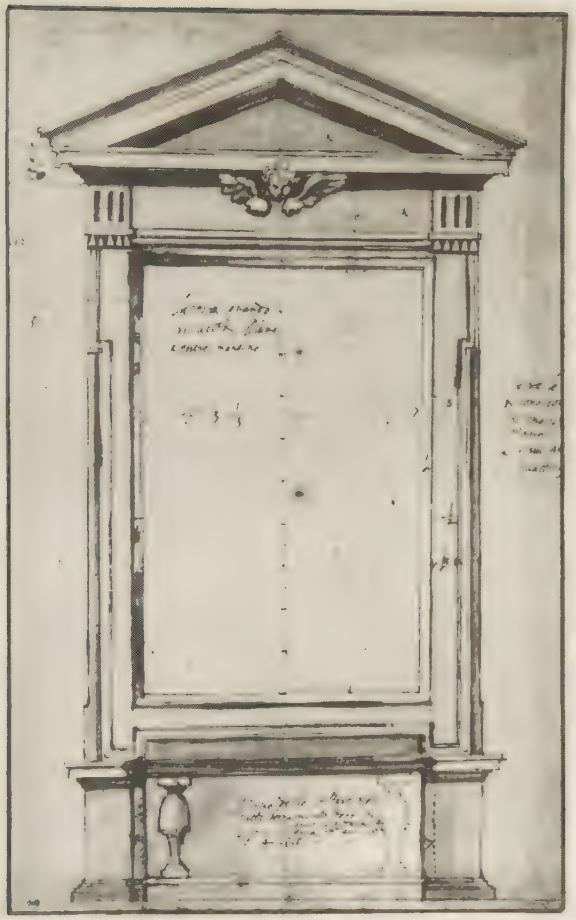


Elévation et coupe d'une cheminée, R. VIEUXBLED, Dessin de bât., (1971).

fig. 20

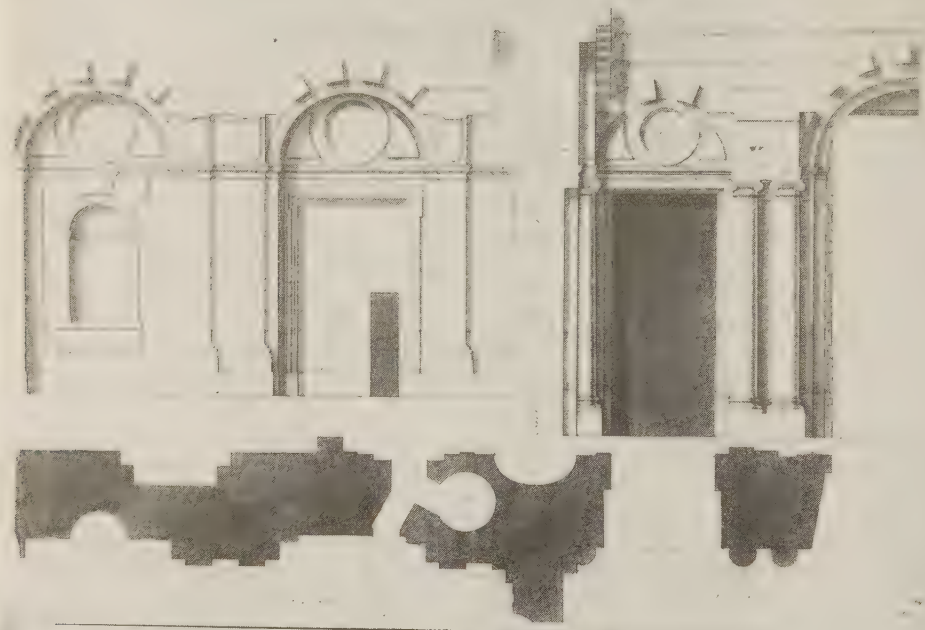
Autel gothique avec cotation, école italienne,
(≃ 1450),
photo Musée du Louvre, inventaire n°2525.

Fig. 21



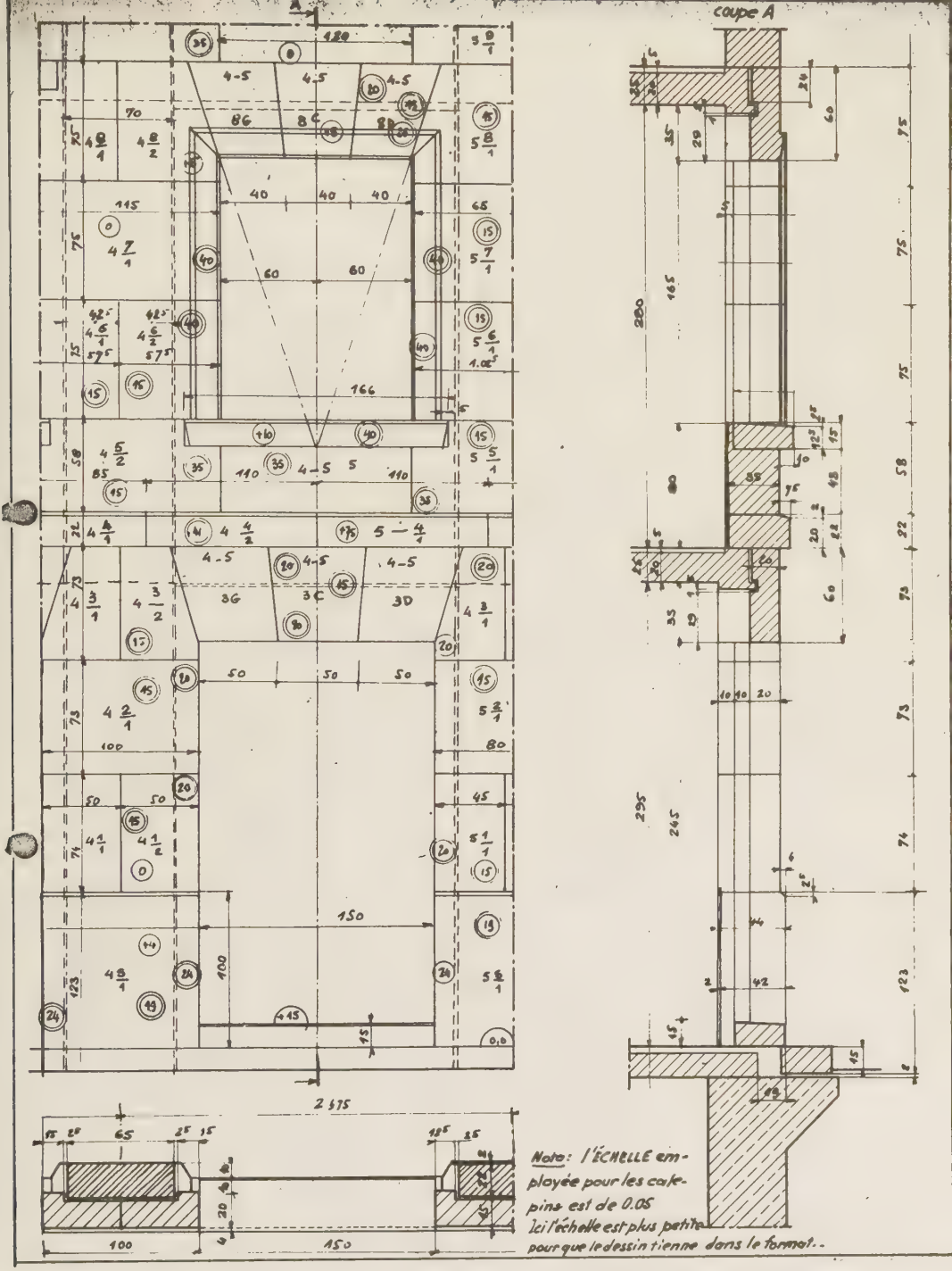
Encadrement d'un tableau d'autel, avec cotation,
Ludovico CARDI dit CIGOLI, (1559-1613),
photo Musée du Louvre, inventaire n°928.

fig.22



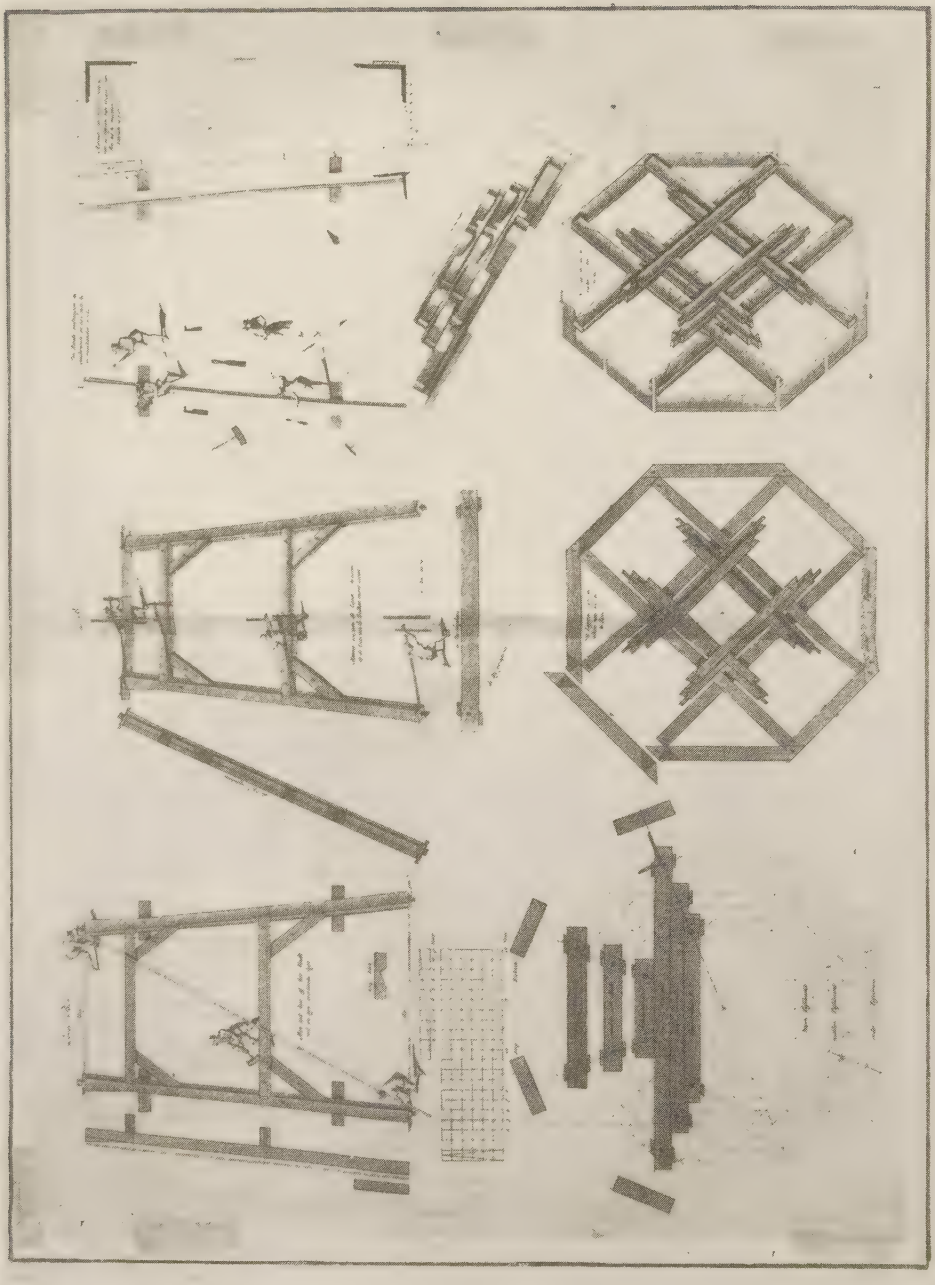
Elévation, profil et plan du portail de la colonnade du Louvre, (≃1677), cotation et écritures,
photo. Musée du Louvre, inventaire n°29934.

Fig. 23



Exemple de calepin d'appareillage, P. JUSTE, cours de dessin bât., (1954), pl. n°124.

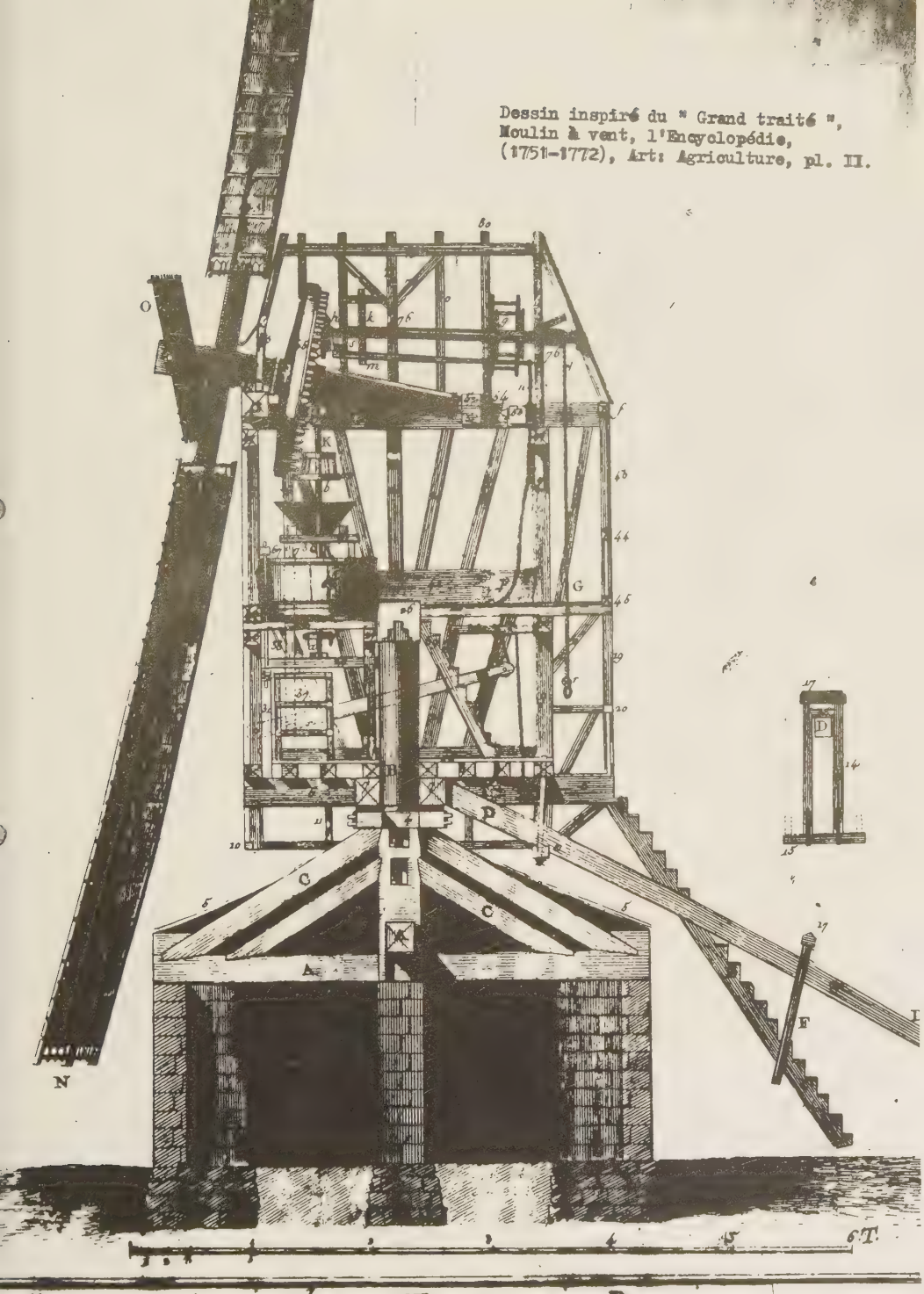
fig. 24



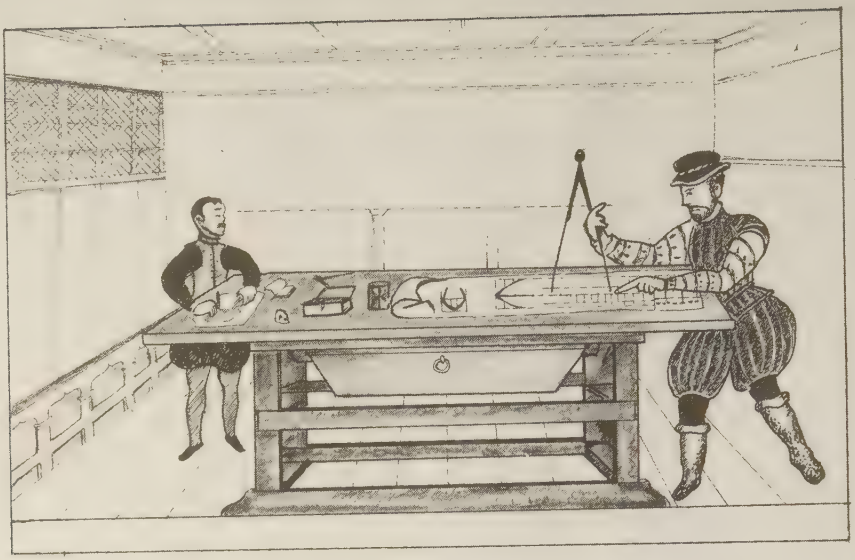
Tracés et pratiques de chantier, (1736),
J. POLLY, Grand traité des moulins, (photo Compagnons du Devoir).

fig.25

Dessin inspiré du " Grand traité ",
Moulin à vent, l'Encyclopédie,
(1751-1772), Art: Agriculture, pl. II.

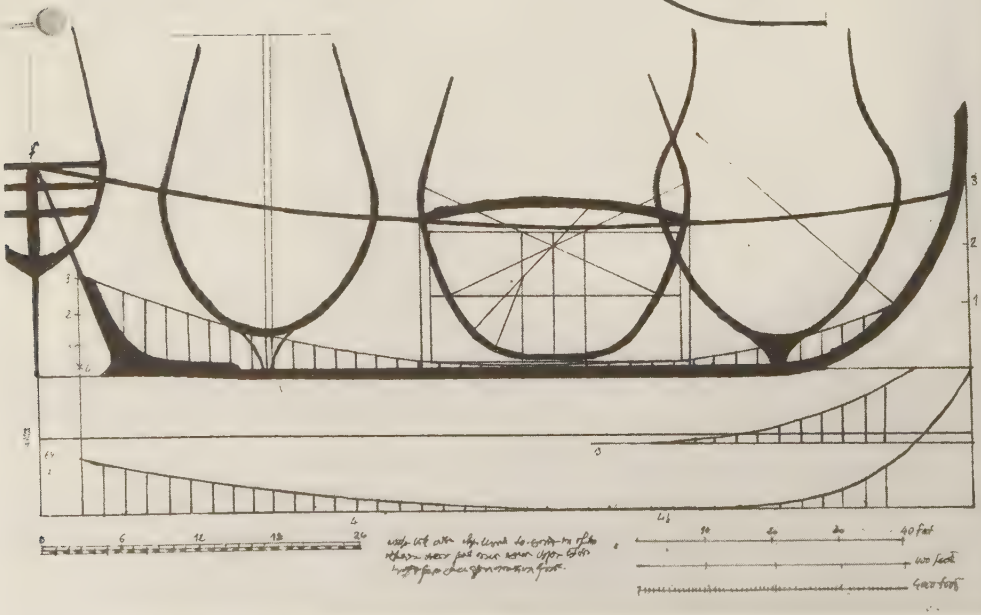


Agriculture Economie Rustique. Fig. 26
Moulin à vent.



Salle de tracés de plans de navires, (1586), dessin de l'auteur, d'après M. BAKER, (BOOKER).

Tracé d'un maître couple et plan d'un navire, (1586), dessins de l'auteur, d'après M. BAKER, (BOOKER).



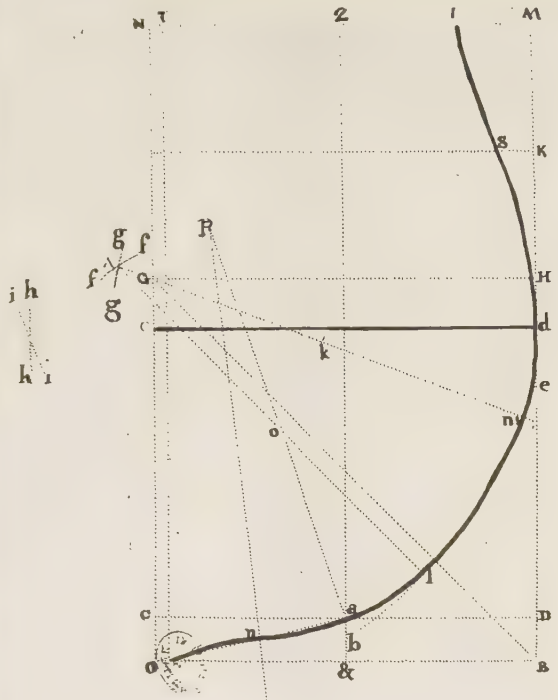
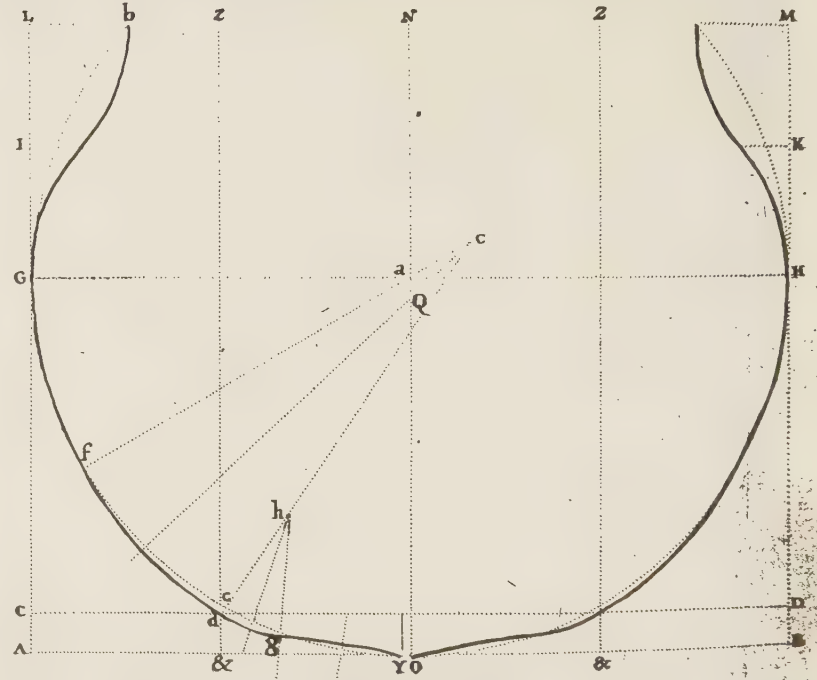


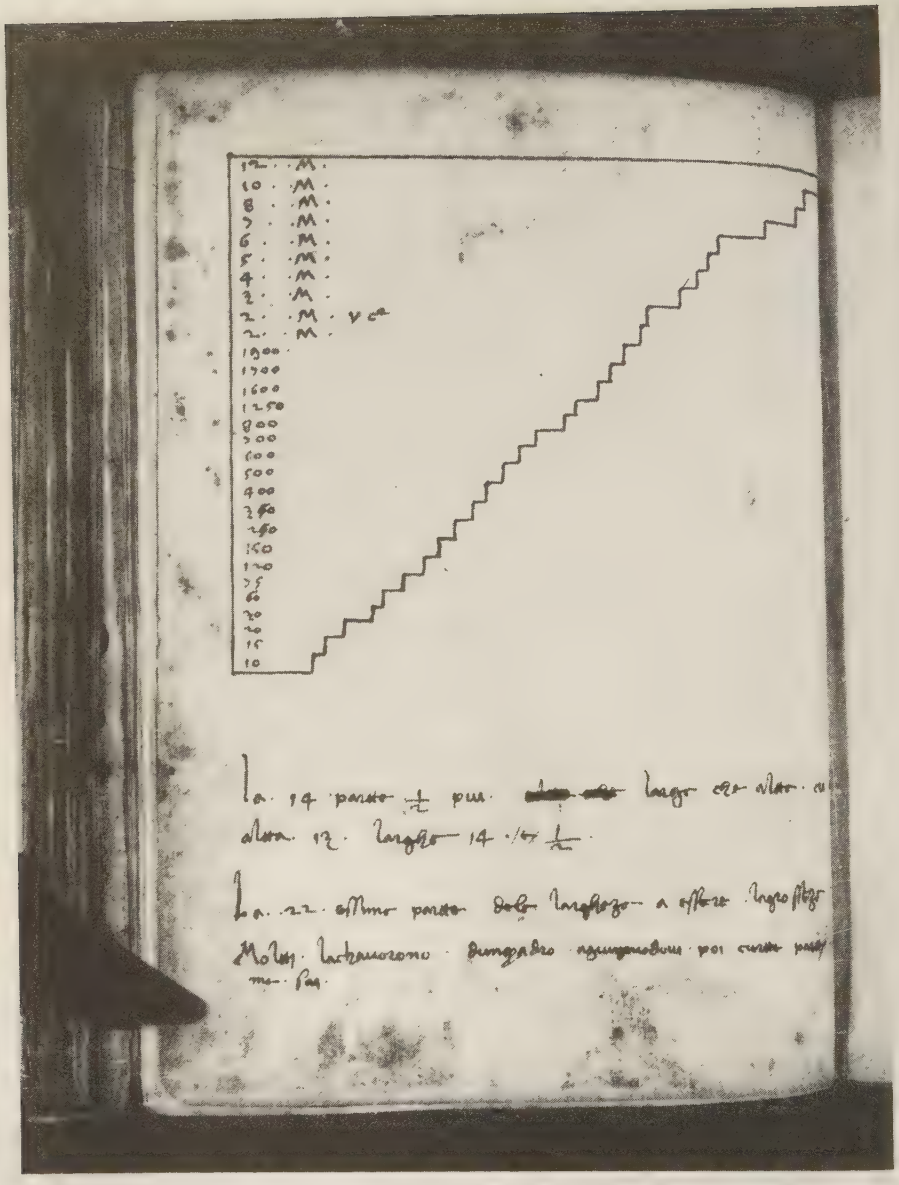
fig - 19

Tracé du maître couple



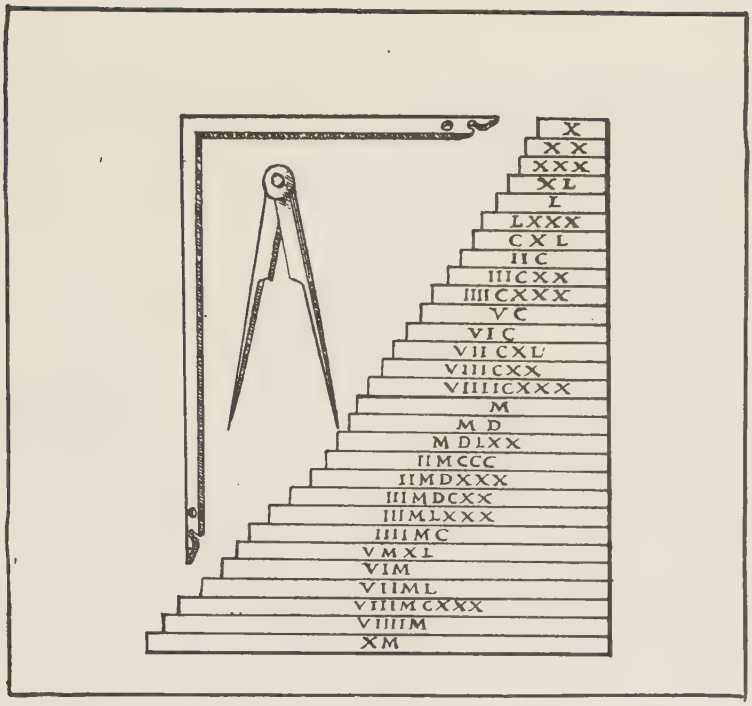
Duhamel du Monceau, Elémens de l'architecture navale (1758)

8 et 9



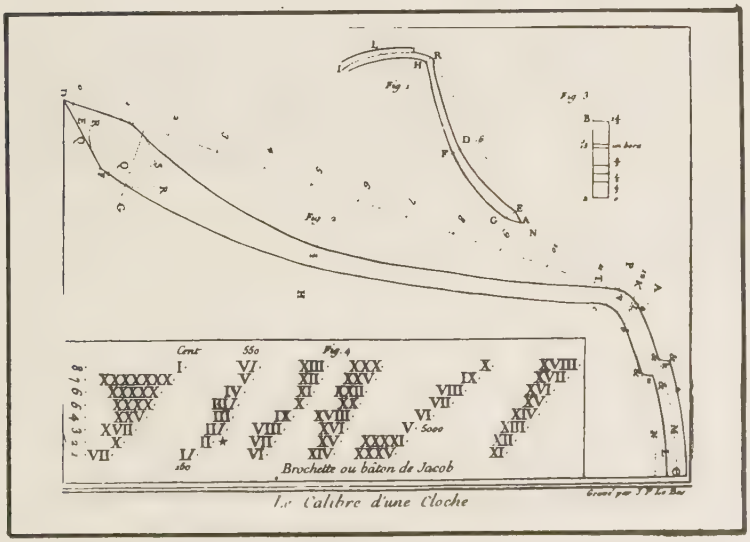
Echelle campanaire, G. BONOCCORSO, carnets, (1450), photo B.N.Florence 228C51V.

Fig.30



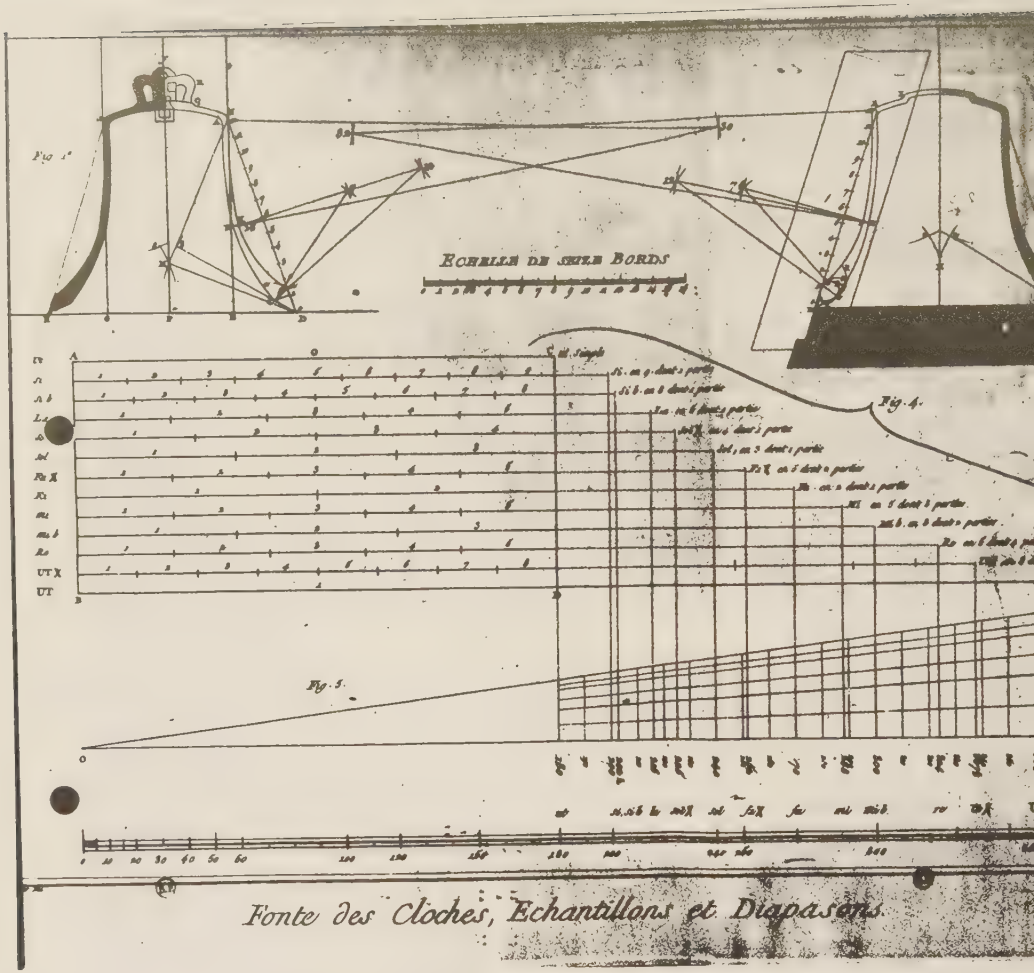
Echelle campanaire, BIRINGUICCIO, Pyrotechnie, (1550).

fig. 31



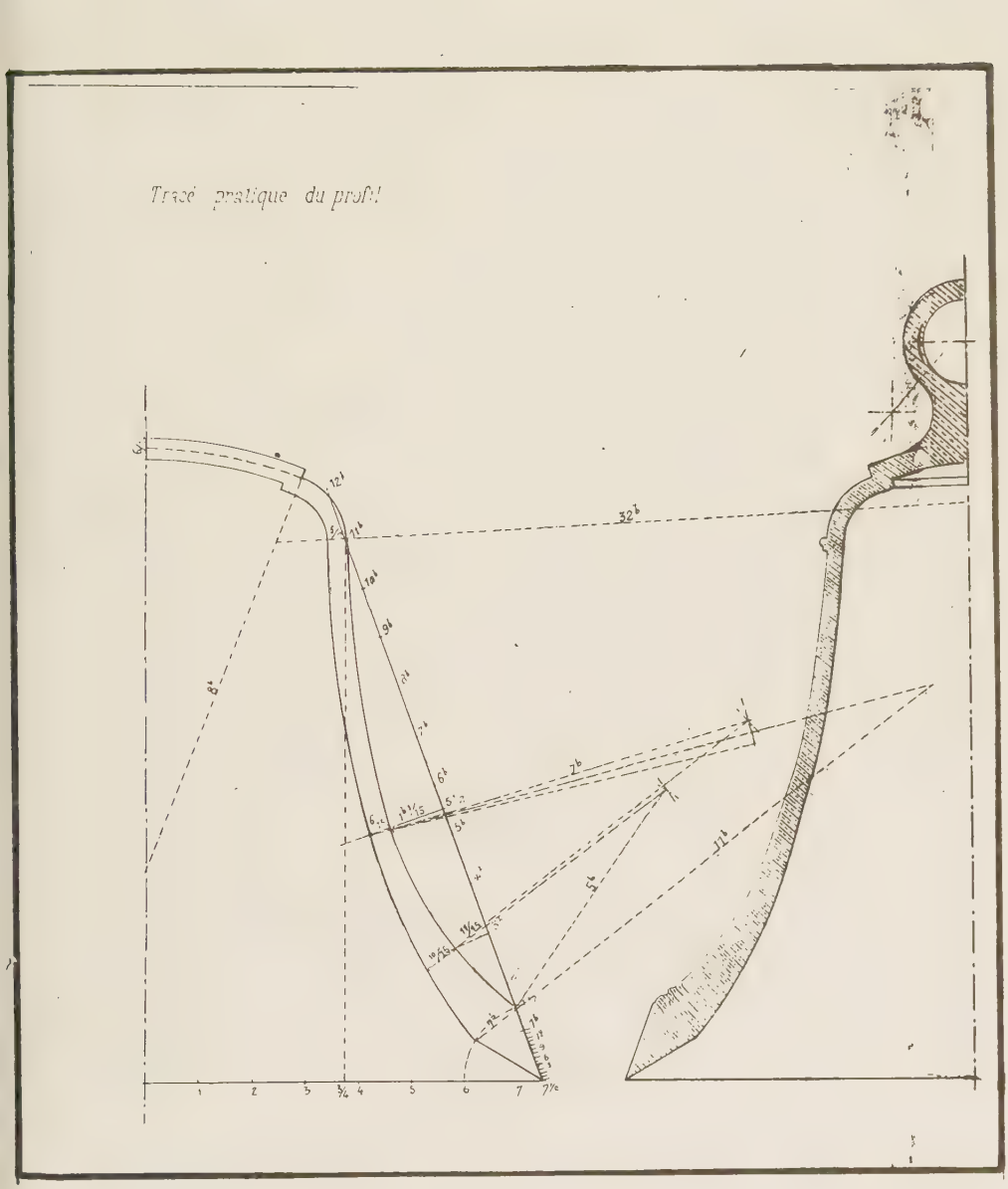
Echelle campanaire et calibre d'une cloche, (1700), d'après PEIRA, Hist. du dessin, fig. 20.

fig. 32



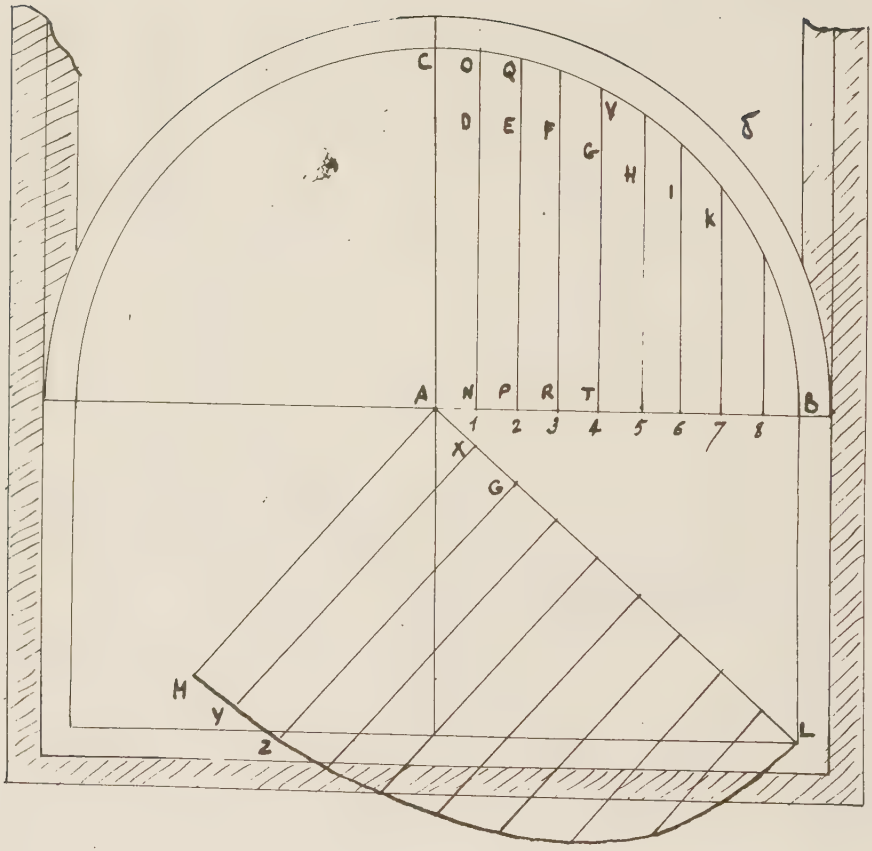
Calibre d'une cloche et diapason, l'Encyclopédie (1751-1772), Art. : Fonte des cloches, pl. I.

fig. 33



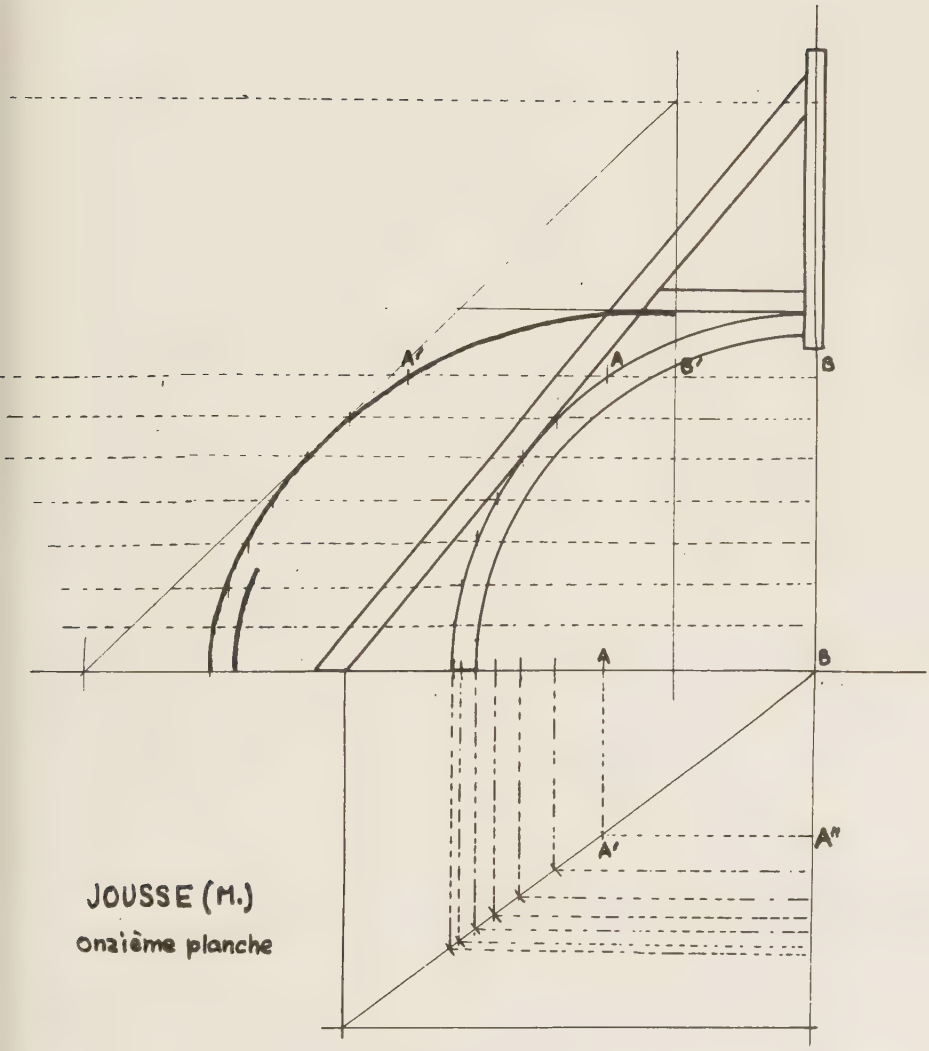
Calibre d'une cloche, tracé géométrique, (1889), G. MARTIN, cours de dessin industriel.

fig. 34



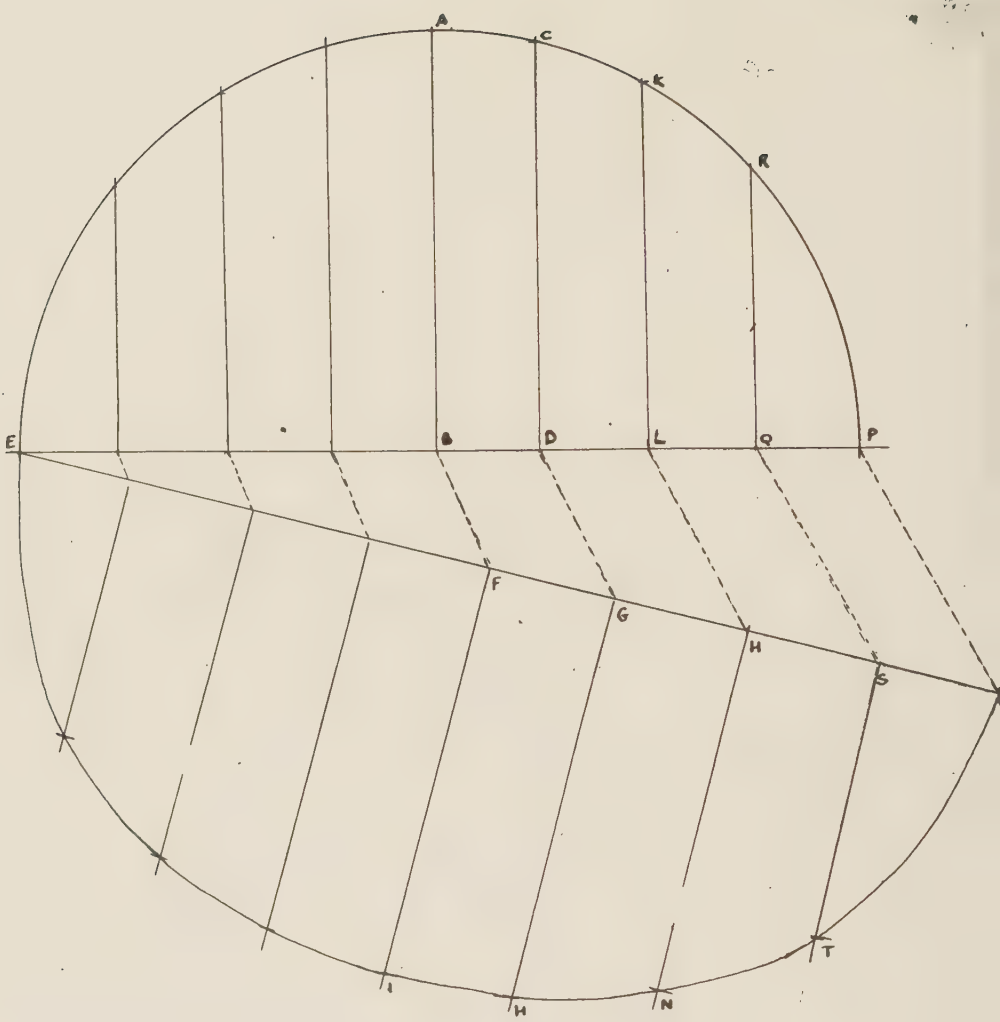
Tracé des courbes rallongées, d'après Ph. DELORME, Nouvelles invent., (1561), livre X.

Fig.35



Tracé des courbes rallongées, d'après M. JOUSSE, l'art de charpenterie, (1642), pl. XI, p. 56.

fig.36



Tracé des cherches surbaissées, d'après J.B. de la RUE, Traité, (172B), pl. 2, fig. 4, p. 7.

fig. 37

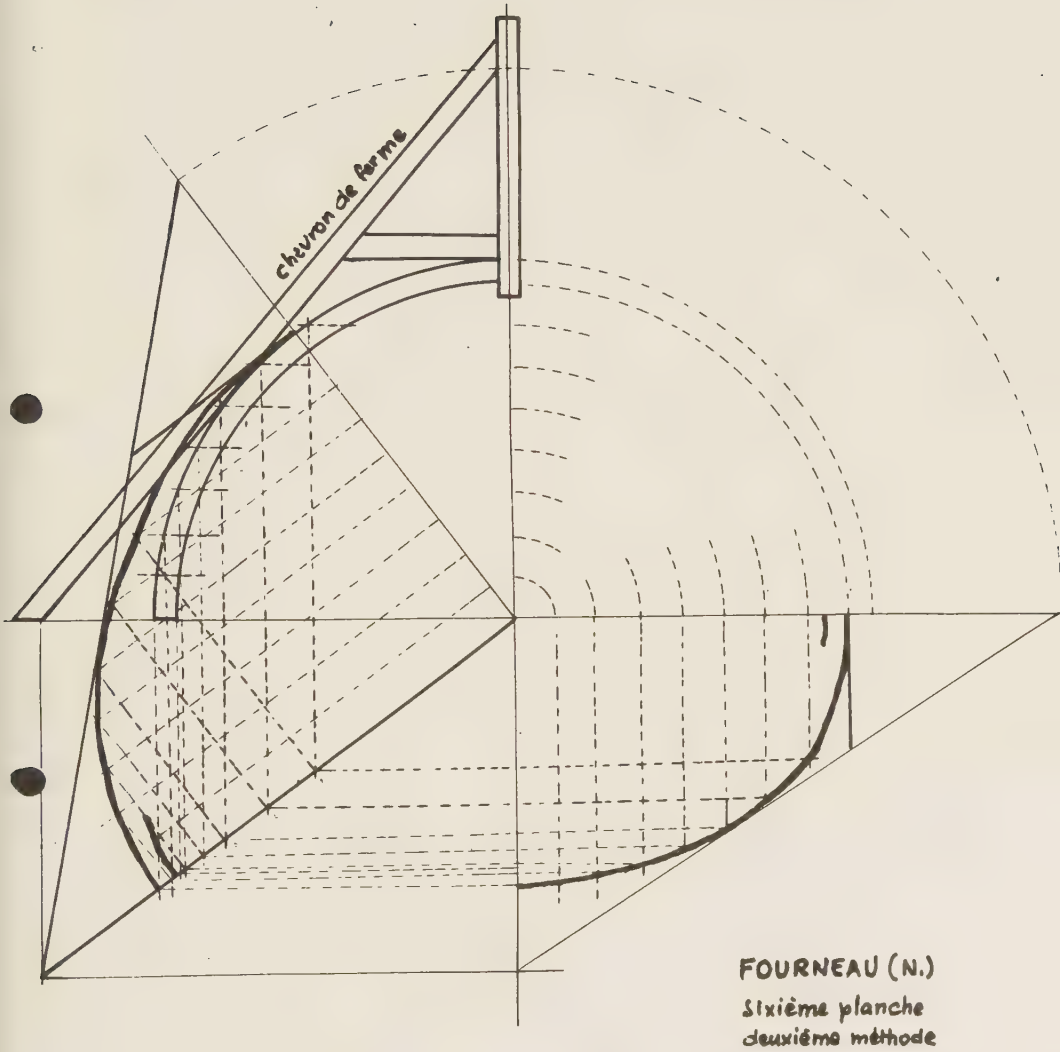
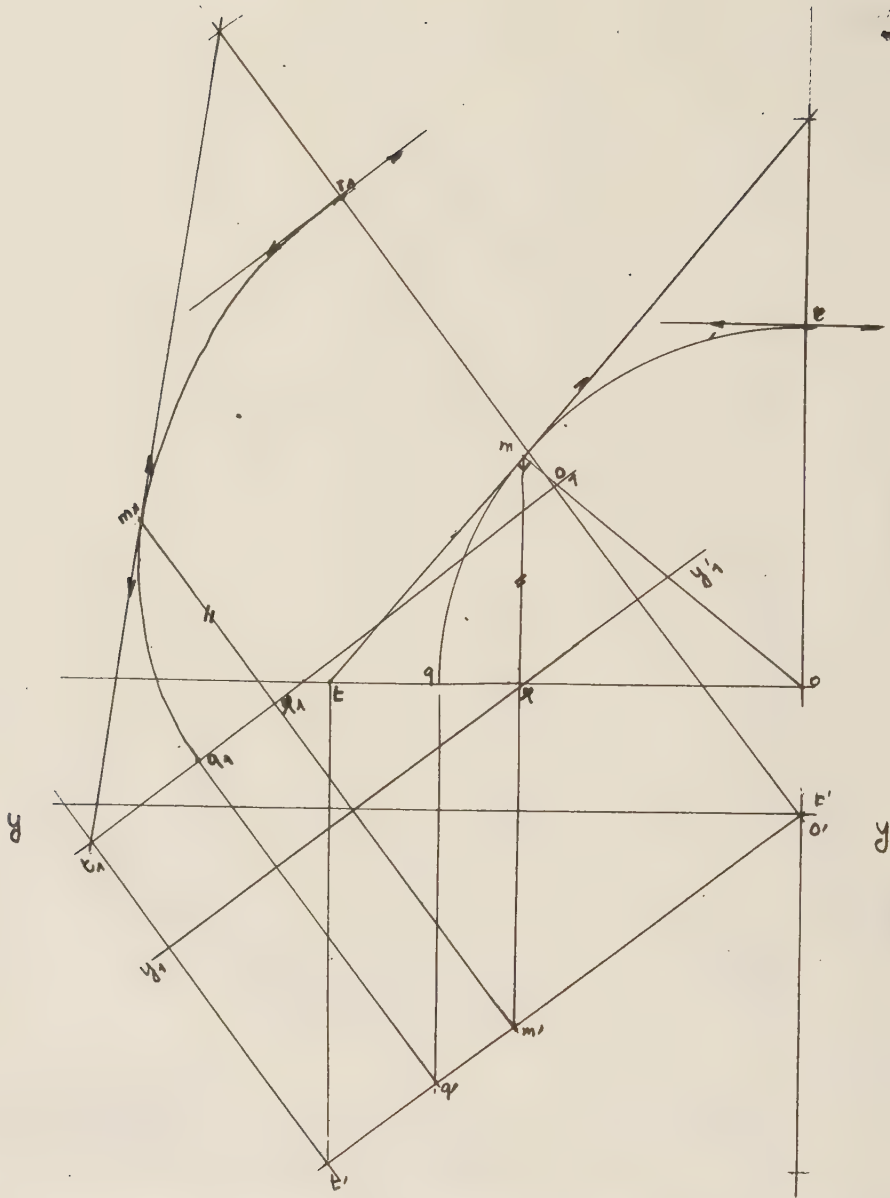


fig. 38

Tracé des courbes rallongées ou " élips ", d'après N. FOURNEAU, l'Art du trait, (1767), pl. 6, 2e méth.



Tracé d'une courbe elliptique, d'après différents ouvrages actuels.

Fig. 39

ARÊTIER CINTRÉ : CHARPENTE

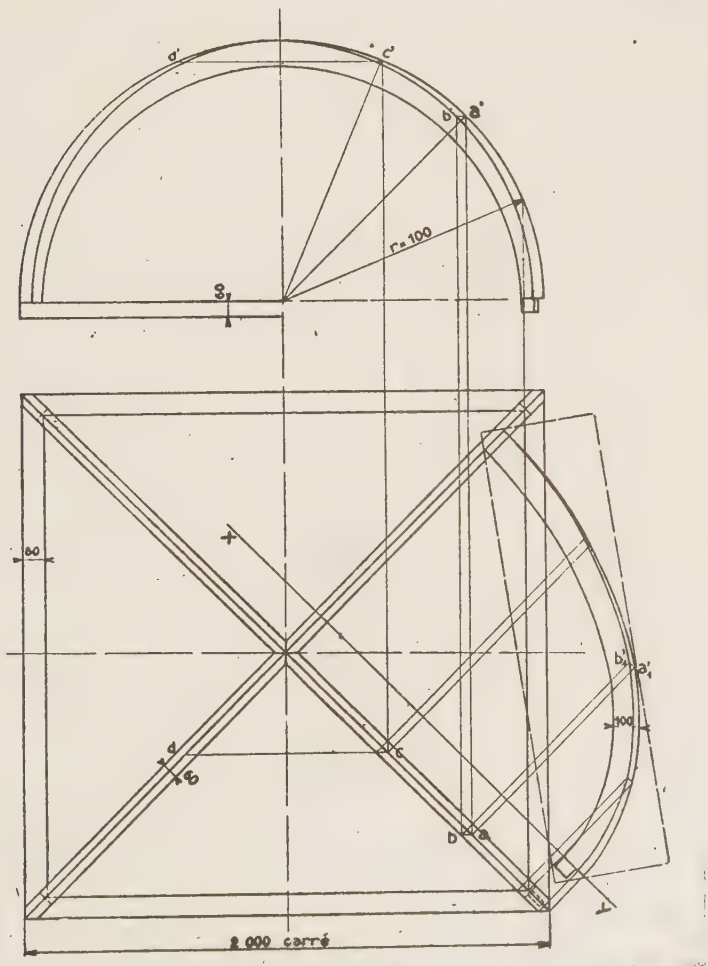
Nous avons représenté ici l'ossature de la charpente d'un pavillon carré recouvert par une toiture en arc de plein cintre. Les pièces principales, arêtiers, sont disposées suivant les diagonales du carré. Ces arêtiers ont une épaisseur constante de 6 cm.

La nouvelle projection verticale, donnant la vraie grandeur, a été construite en prenant pour ligne de terre *xy*, parallèle à la diagonale.

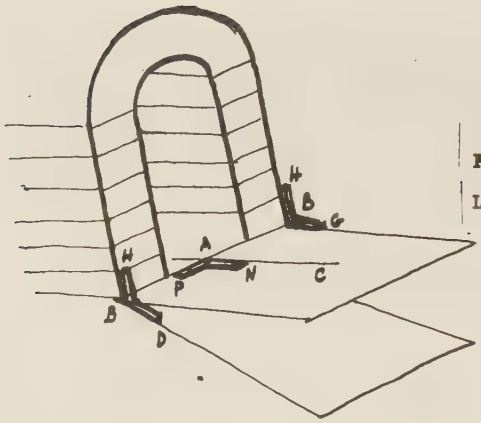
La face extérieure des arêtiers est taillée de façon qu'une règle disposée suivant *dc*, parallèlement aux côtés du carré, s'appuie sur les faces taillées. Les points A et B, projetés en *ab*, *a'b'*, $a_1'b_1'$ sont au même niveau (ils ont même cote). Le solide capable est représenté en trait interrompu.

La section d'un arêtier, avant le taillage des faces d'appui du voligeage, est un rectangle de 100 × 60.

EXERCICE. — Exécuter le dessin permettant de tailler les arêtiers de la toiture d'un pavillon carré de 1,50 m de côté, recouvert par une toiture en arc d'ogive de 1,50 m de rayon (kiosque à journaux).



Arêtier cintré, A. BERNARD, Cours de dessin, (1952), pl. 96. fig. 40



Pied-droit d'une porte, d'après A. BOSSE, La pratique du trait, (1643), pl.II.

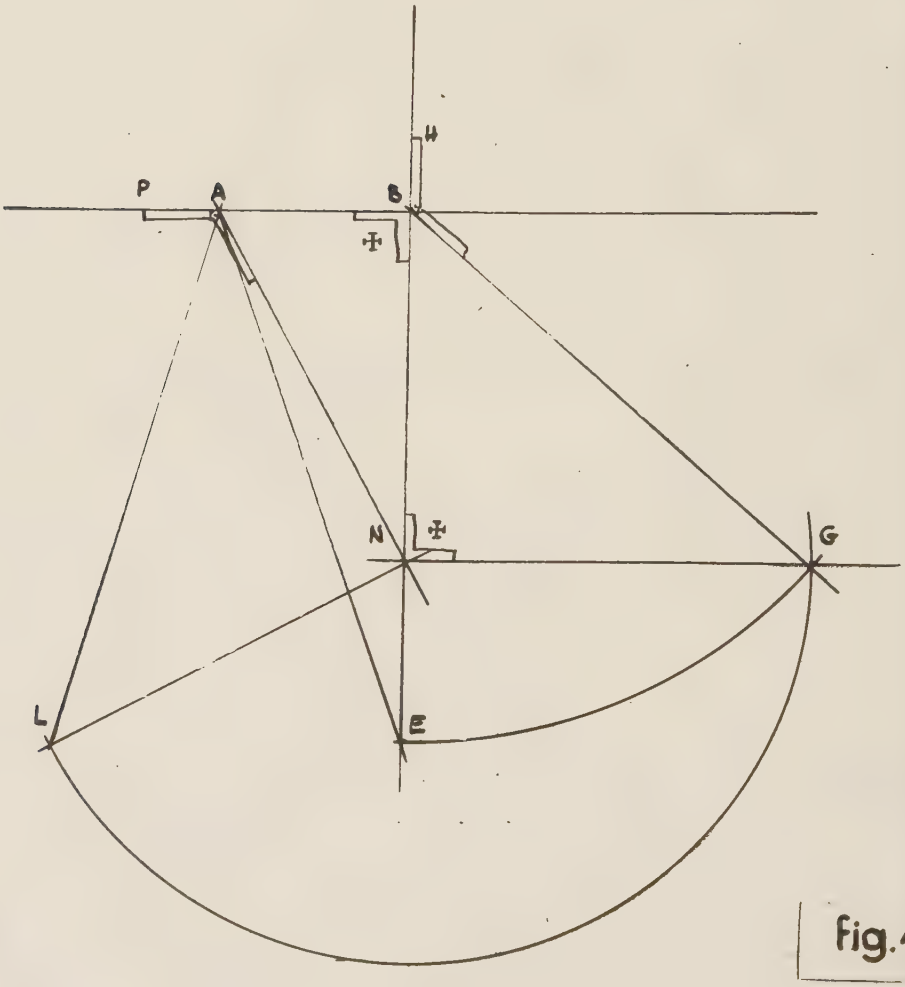
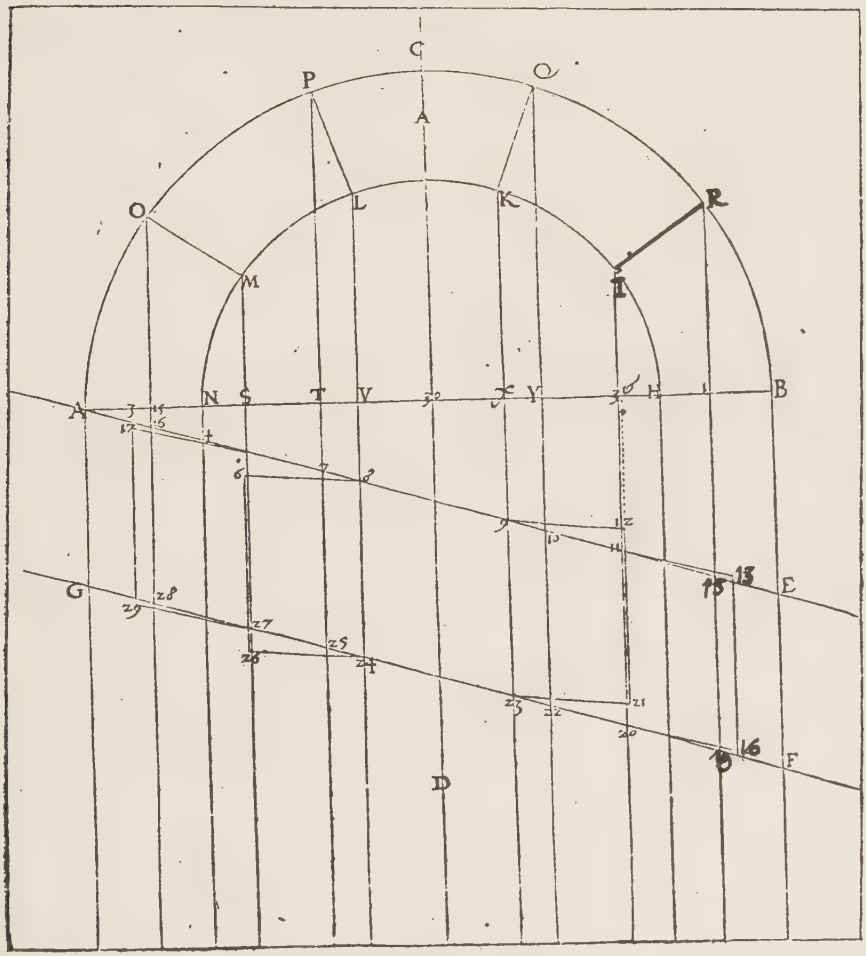


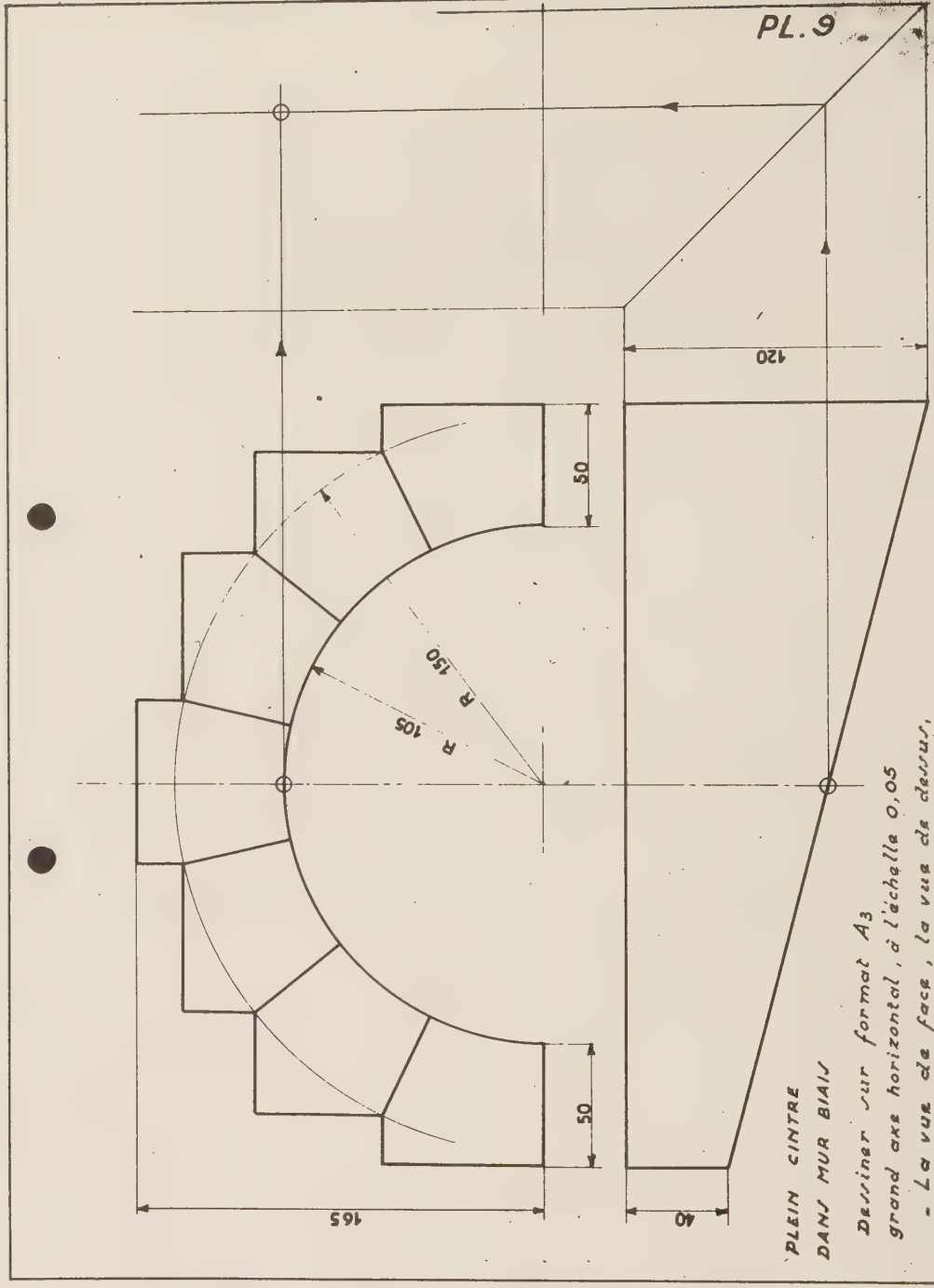
Fig.41

ainsi 6,8,24,& 26, sera le paneau de ioinct pour L P. Celuy de M O, est semblable à celuy que vous voiez marqué 17, 29, 27. Et quãt au ioinct du fondement de la voute, comme est A N, & H B, il se prend sur le plan de la muraille, comme doiuent faire tous les autres que vous auez veu cy deuant, & verrez cy apres. Mais pour coupper le deuant des pierres pour le faire biais, il se prẽdra apres la ligne A B, & celle de A E, comme i'ay dict, & le pouuez veoir par la figure presente.



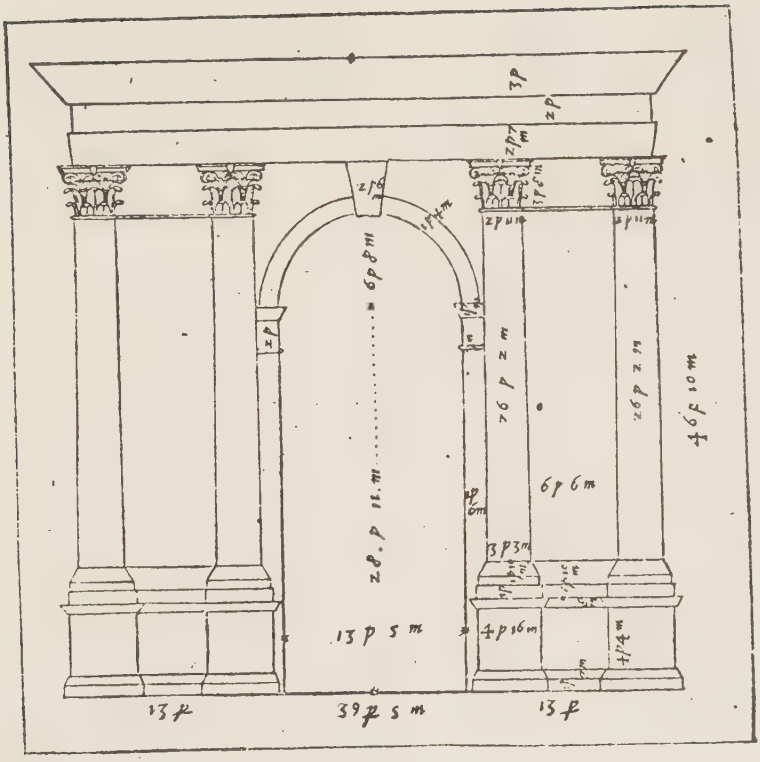
Voûte biaise, Ph. DELORME, de l'Architecture, (1561), livre III, p. 72.

Fig 42



Voûte biaise, R. VIEUXBLED, dessin de bât., (1971), pl. 9.

fig



Porte à colonnes avec cotation modulaire, Ph. DELORME, de l'Architecture, (1561), livre VIII.

fig.44

§ III. — ORDRE TOSCAN.

948. L'ordre toscan est le plus simple et le plus solide des ordres d'architecture; il doit son origine à d'anciens peuples de Lydie qui vinrent peupler la Toscane. On l'emploie pour les prisons, les casernes, les arsenaux, les bains, les halles, etc., etc.

949. La hauteur de l'ordre toscan est de 22 mod. 2'.

La colonne a 7 diamètres ou	14 mod.
Le piédestal égale le tiers	4, 8'
L'entablement le quart	3, 6'
TOTAL	22 m. 2'

950. Le tableau suivant donne la hauteur des subdivisions ou détails et la saillie des profils à partir de l'axe.

PIÉDESTAL, 4 *modules* 8 *min.*

		HAUTEUR.	SAILLIE.
		mo. mi.	mo. mi.
Base. 6 mod.	Plinthe	0, 5	1, 8 1/2
	Filet	0, 1	1, 6 1/2
Dé. 3 m. 8.	Congé	0, 2	1, 4 1/2
	Socle	3, 6	1, 4 1/2
Corn. 6 min.	Talon	0, 4	1, 8
	Filet	0, 2	1, 8 1/2

COLONNE, 14 *modules.*

Base. 1 mod.	Plinthe	0, 6	1, 4 1/2
	Tore	0, 5	1, 4 1/2
	Filet	0, 1	1, 1 1/2
Fût. 12 modules.	Congé	0, 1 1/2	1, 0
	Fût	11, 8	1, 0
	Congé	0, 1	0, 0 1/2
	Filet	0, 1/2	0,10 1/2
	Baguette	0, 1	0,11

Suite de la COLONNE.

		HAUTEUR.	SAILLIE.
		mo. mi.	mo. mi.
Chapiteau. 1 module.	Gorgerin	0, 3	0, 9 1/2
	Congé	0, 1	0, 9 1/2
	Filet	0, 1	0,10 1/2
	Qt de rond	0, 3	1, 1 1/2
	Larmier	0, 2	1, 2
	Congé	0, 1	1, 2
	Filet	0, 1	1, 3

ENTABLEMENT, 3 *mod.* 6 *min.*

Architrave.	Pl.-bande	0, 8	0, 9 1/2
	Congé	0, 2	0, 9 1/2
	Filet	0, 2	0,11 1/2
Frise		1, 2	0, 9 1/2
Corniche. 1 module 4 min.	Talon	0, 4	1, 1 1/2
	Filet	0, 1/2	1, 2
	Larmier	0, 5	1,10 1/2
	Congé	0, 1	1,10 1/2
	Filet	0, 1/2	1,11 1/2
	Baguette	0, 1	2, 0
	Qt de rond	0, 4	2, 3 1/2

IMPOSTE ET ARCHIVOLTE, 10 *minutes.*

		HAUTEUR.	SAILLIE.
		mo. mi.	mo. mi
Imp.	1e Pl.-bande	0, 4	0, 1/2
	2e Pl.-bande	0, 5	0, 1

		HAUTEUR.	SAILLIE.
		mo. mi.	mo. mi.
Imp.	Congé	0, 1 1/2	0, 1
	Filet	0, 1 1/2	0, 2 1/2

951. Les saillies des moulures de l'ordre doivent être portées à partir de la ligne d'axe, et celles des moulures de l'imposte et de l'archivolte à partir du nu du pied-droit.

952. La distance entre les colonnes, qu'on nomme entre-colonnement, est de 6 modules; avec portiques sans piédestaux, il est de 9 modules 6'; et avec piédestaux de 12 modules 9'. Les distances entre les colonnes sont cotées d'axe en axe.

La distance entre les axes des colonnes accouplées est, pour tous les ordres, la moitié de l'entre-colonnement simple.

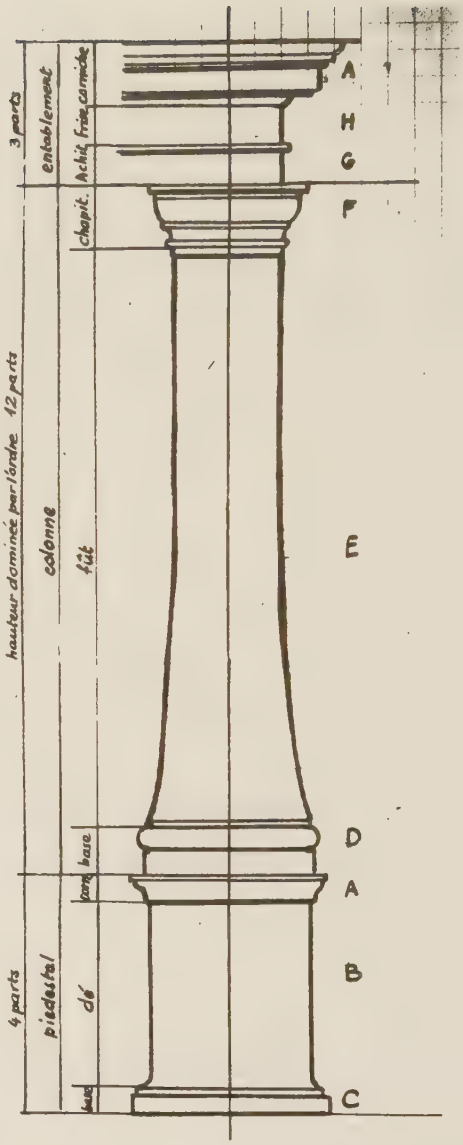


Tableau des proportions ordre toscan F.P.B. : Abrègé de géométrie p.138 de l'édition de 1840 pour la figure ; pp : 264-265. de l'édition de 1872 pour les valeurs.

fig.45

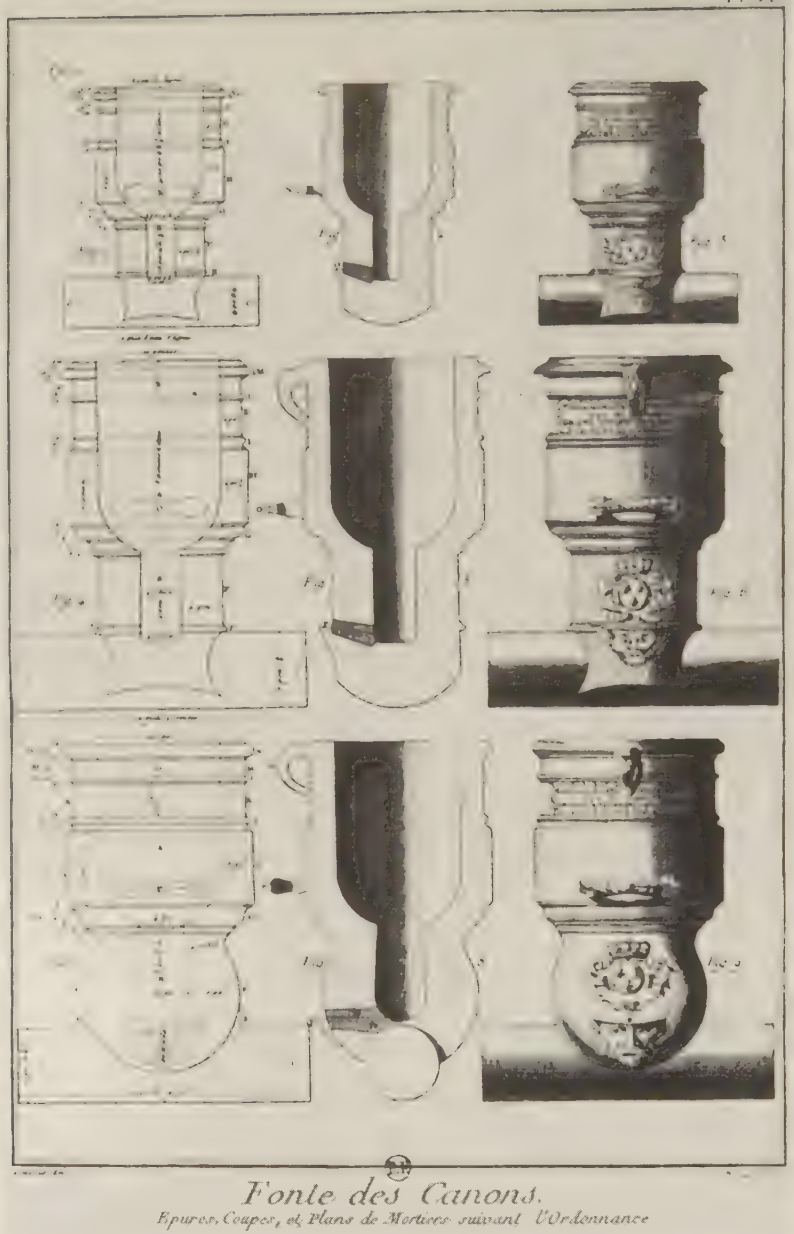
Table des dimensions des plates-bandes, l'Encyclopédie, (1751-1772), Art.: Fonderie des canons, pl. 6 et 7.

Fig. 46

TABLE des dimensions des Plates-bandes & Moulures des Pieces de Canon des cinq calibres.

Noms des Plates-bandes & Moulures des Pieces.	Largeur & Saillie desdites Plates-bandes & Moulures, par trente tixiemes parties du calibre desdites Pieces.		Largeur & Saillie desdites Plates-bandes & Moulures, par pouces, lignes & points de 12 a la ligne.											
			24.		16.		12.		8.		4.	
	Largeur.	Saillie.	Largeur.	Saillie.	Largeur.	Saillie.	Largeur.	Saillie.	Largeur.	Saillie.	Largeur.	Saillie.
			Pouces Lignes Points	Pouces Lignes Points	Pouces Lignes Points	Pouces Lignes Points	Pouces Lignes Points	Pouces Lignes Points	Pouces Lignes Points	Pouces Lignes Points	Pouces Lignes Points	Pouces Lignes Points
1. Plinthe ou plate-bande de la Culasse.	1/16	1/16	1 4 11	[illegible]	[illegible]	0 6 7	0 13 4	0 6 0	0 11 9	0 5 3	[illegible]	0 4 2
2. Torre de la Culasse.	1/16	1/16	0 7 6	[illegible]	[illegible]	0 6 7	0 6 6	0 6 0	0 5 3	0 5 3	0 4 2	0 4 2
3. Liffel inferieur de la Gorge.	1/16	1/16	0 1 10	[illegible]	[illegible]	0 3 4	0 1 9	0 3 6	0 1 4	0 2 8	0 1 0	0 2 1
4. Gorge de la Culasse.	1/16	Les extrémités finissent aux angles des Lilasses.	0 5 8	[illegible]	0 4 11	Les extrémités finissent aux angles des Lilasses.	0 4 6	Les extrémités finissent aux angles des Lilasses.	0 4 0	Les extrémités finissent aux angles des Lilasses.	0 3 1	Les extrémités finissent aux angles des Lilasses.
5. Liffel superieur de la Gorge.	1/16	1/16	0 1 10	[illegible]	[illegible]	0 1 8	0 1 6	0 1 6	0 1 4	[illegible]	0 1 0	[illegible]
6. Rondeau de la Culasse.	1/16	1/16	0 5 8	[illegible]	[illegible]	0 3 4	0 4 6	0 3 6	0 4 0	0 2 8	0 3 1	0 2 1
7. Liffel du Rondeau.	1/16	1/16 partie.	0 1 10	[illegible]	[illegible]	0 0 10	0 1 6	0 0 9	0 1 4	0 0 8	0 1 0	0 0 6
8. Champ de lumiere.	1/16	1/16 de la Piece.	2 13 [illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	2 2 10	[illegible]	1 11 6	[illegible]	1 6 8	[illegible]
9. Liffel inferieur de l'Attragale du 1er Renfort.	1/16	1/16 de Partie.	0 1 10	[illegible]	[illegible]	0 0 [illegible]	0 1 6	0 0 6	0 1 4	0 0 5	0 1 0	0 0 4
10. Attragale du premier Renfort.	1/16	1/16	0 3 9	[illegible]	[illegible]	0 2 6	0 3 9	0 2 3	0 2 8	0 2 0	0 2 0	0 1 6
11. Liffel superieur de l'Attragale du 1er Renfort.	1/16	1/16 de partie.	0 1 1	[illegible]	[illegible]	0 0 [illegible]	0 1 6	0 0 6	0 1 4	0 0 5	0 1 0	0 0 4
12. Plate-bande du premier Renfort.	1/16	1/16 de partie.	0 13 2	[illegible]	[illegible]	0 0 7	0 10 6	0 0 6	0 9 2	0 0 5	0 7 3	0 0 4
13. Doucine du second Renfort.	1/16	au plus haut / au moyen / au plus bas	0 13 2	[illegible]	0 11 6	0 4 11 / 0 1 8 / 0 1 10	0 10 6	0 4 6 / 0 1 6 / 0 0 9	0 9 2	0 4 0 / 0 1 4 / 0 0 8	0 7 3	0 3 0 / 0 1 0 / 0 0 6
14. Liffel de ladite Doucine.	1/16	1/16 de partie.	[illegible]	[illegible]	0 1 8	[illegible]	0 1 6	[illegible]	0 1 4	0 0 5	0 1 0	0 0 4
15. Plate-bande du second Renfort.	1/16	1/16 de partie.	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	0 9 0	[illegible]	0 8 2	[illegible]	0 6 2	0 0 4
16. Doucine de la Volée.	1/16	au plus haut / au moyen / au plus bas	0 11 4	[illegible]	0 9 10	0 4 11 / 0 1 8 / 0 0 10	0 9 0	0 4 6 / 0 1 6 / 0 0 9	0 8 0	0 4 0 / 0 1 4 / 0 0 8	0 6 2	0 3 0 / 0 1 0 / 0 0 6
17. Liffel de ladite Doucine.	1/16	1/16 de partie.	0 1 1	[illegible]	[illegible]	0 0 [illegible]	0 1 6	0 0 6	0 1 4	0 0 5	0 1 0	0 0 4
18. Ornemens de la Volée.	1/16	1/16 de la Volée.	2 6 1	[illegible]	2 2 4	[illegible]	1 11 10	[illegible]	0 8 10	[illegible]	1 4 8	[illegible]
19. Liffel inferieur de l'Attragale de la Volée.	1/16	1/16 de partie.	0 1 1	[illegible]	[illegible]	0 0 7	0 1 6	0 0 6	0 1 4	0 0 5	0 1 0	0 0 4
20. Attragale de l'ornement de la Volée.	1/16	1/16	0 3 8	[illegible]	[illegible]	0 2 6	0 3 0	0 2 3	0 2 8	0 2 0	0 2 0	0 1 6
21. Liffel superieur de l'Attragale de la Volée.	1/16	1/16 de partie.	0 1 1	[illegible]	0 1 8	0 0 7	0 1 6	0 0 6	0 1 4	0 0 5	0 1 0	0 0 4
22. Scotie de l'Attragale du collet.	1/16	au plus haut / au plus bas	0 3 8	[illegible]	0 3 4	0 1 8 / 0 0 10	0 3 0	0 1 6 / 0 0 9	0 2 8	0 1 4 / 0 0 8	0 2 0	0 1 0 / 0 0 6
23. Ceinture de la Scotie.	1/16	1/16	0 1 1	[illegible]	[illegible]	0 1 8	0 1 6	0 1 6	0 1 4	0 1 4	0 1 0	0 1 0
24. Attragale du collet.	1/16	1/16	[illegible]	[illegible]	[illegible]	0 3 4	0 3 0	0 3 0	0 2 8	0 2 8	0 2 0	0 2 0
25. Le collet & le bourlet en tulipe, formé en Doucine renverlée.	1 calibre	au plus haut / au plus bas	9 6 6	[illegible]	8 4 3	2 9 / 0 0 10	7 7 1	0 13 4 / 0 0 9	6 7 8	0 11 9 / 0 0 8	5 3 2	0 9 4 / 0 0 6
26. Ceinture de la Couronne.	1/16	1/16	[illegible]	[illegible]	1 8	0 8 3	0 1 6	0 7 6	0 1 4	0 6 7	0 1 0	0 5 2
27. Couronne.	1/16	au plus haut / au plus bas	0 7 7	[illegible]	0 6 7	0 8 3 / 0 3 4	0 6 0	0 7 6 / 0 3 0	0 5 3	0 6 7 / 0 2 8	0 4 2	0 5 2 / 0 2 0
28. Réglet ou ceinture de la bouche.	1/16	1/16	0 1 10	[illegible]	0 1 8	0 1 8	0 1 6	0 1 6	0 1 4	0 1 4	0 1 0	0 1 0

(B.B)



Epures, coupes et plans de mortiers suivant l'Ordonnance, l'Encyclopédie, (1751-1772), Art.: Fonte des canons, pl. IX.

fig.47

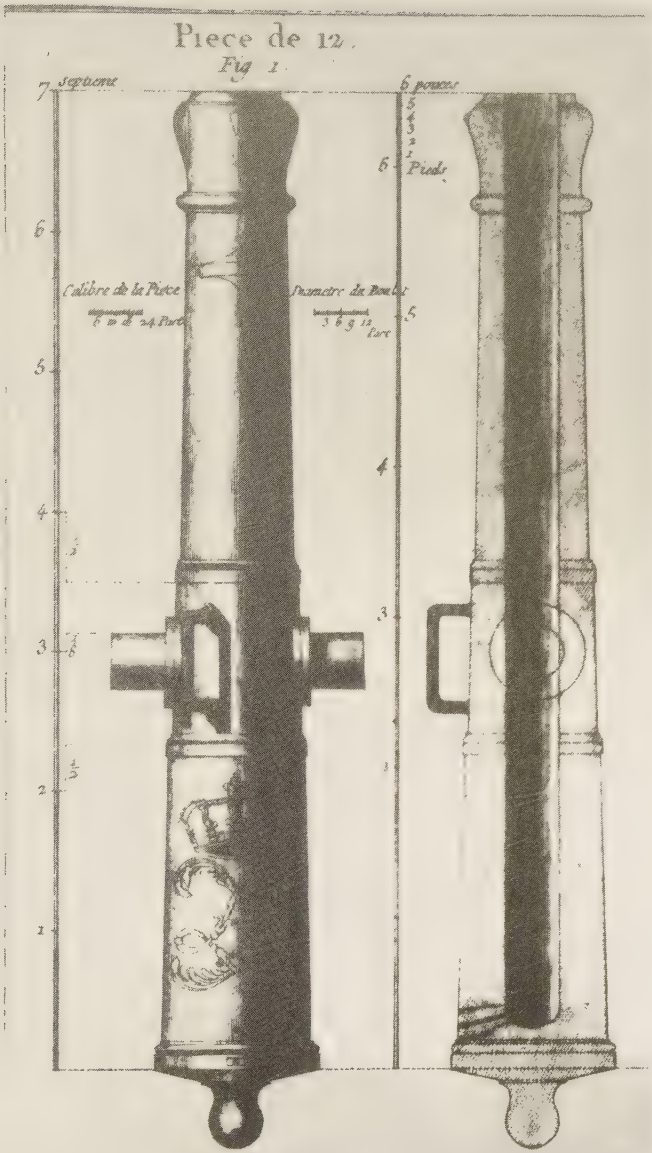


Fig.48

Pièce de 12 suivant le module, J.E. BERTRAND, description des Arts et Métiers, (1771-1783).

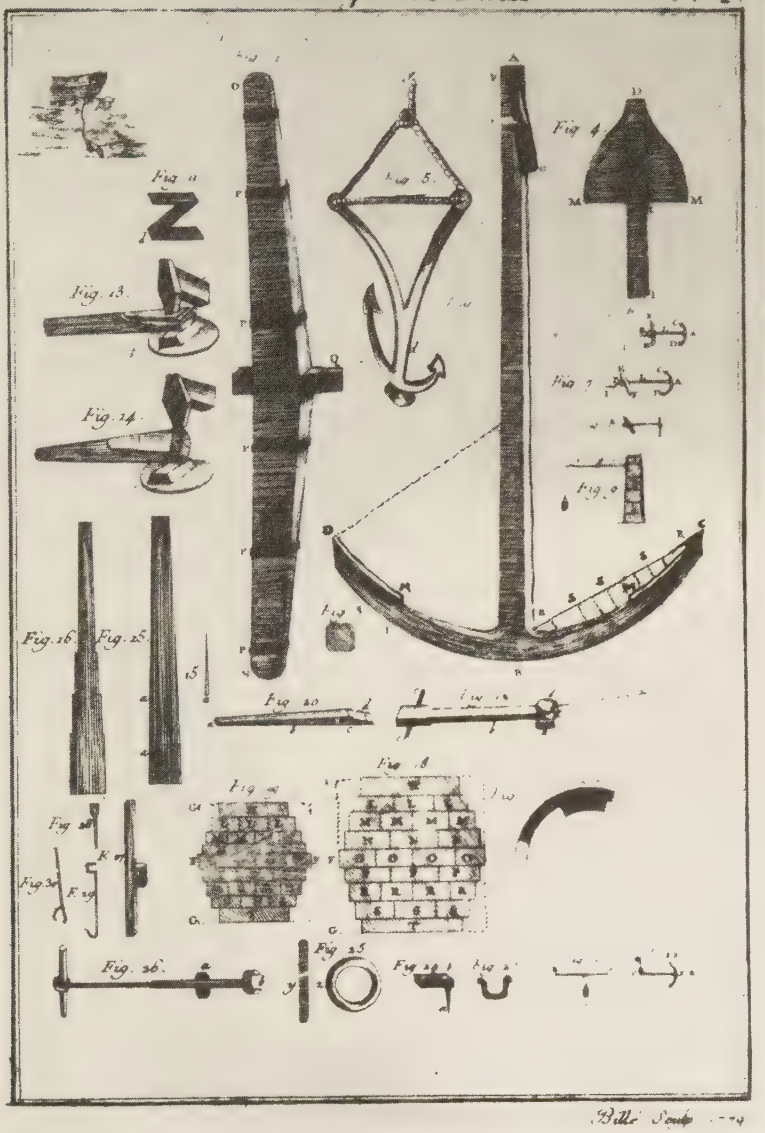
TABLE DES PROPORTIONS DE TRENTE ANCRES DE DIFFERENS POIDS.

Poids des Ancres.	Proportions de chaque verge d'ancre.														Proportions de la culasse.								Organeaux.			
	Longueur d'un bout à l'autre.		Largeur au collet.		Epaisseur au collet.		Largeur au quarré.		Epaisseur au quarré.		Longueur de la culasse.		Largeur & Epaisseur des tourillons.		Diametre du trou de l'organeau.		Distance du trou à la tête de la culasse.		Largeur à la tête de la culasse.		Epaisseur à la tête de la culasse.		Diametre de son ouverture.		Diametre de sa grosseur.	
Livres.	Piés.	Pouc.	Pouc.	Lignes.	Pouc.	Lignes.	Pouc.	Lignes.	Pouc.	Lignes.	Piés.	Pouces.	Pouc.	Lignes.	Pouc.	Lignes.	Pouc.	Lignes.	Pouc.	Lignes.	Pouc.	Lignes.	Pouc.	Lignes.	Pouc.	Lignes.
8000.	17	6.	12	5.	8	10.	8	4.	6	3.	3	1.	2	9.	3	11.	4	0.	9	3.	6	3.	26	2.	3	6.
7500.	17	4.	12	4.	8	9.	8	3.	6	2.	3	0.	2	9.	3	10.	3	11.	9	2.	6	2.	25	11.	3	5.
7000.	17	0.	12	0.	8	6.	8	0.	6	0.	3	0.	2	8.	3	9.	3	10.	8	11.	6	0.	25	1.	3	4.
6500.	16	7.	11	7.	8	4.	7	9.	5	10.	2	11.	2	7.	3	8.	3	9.	8	6.	5	10.	24	6.	3	3.
6000.	16	3.	11	2.	8	2.	7	6.	5	9.	2	10.	2	6.	3	7.	3	8.	8	1.	5	9.	23	9.	3	2.
5800.	16	2.	11	0.	8	1.	7	4.	5	8.	2	9.	2	6.	3	7.	3	8.	7	11.	5	8.	23	4.	3	2.
5600.	16	0.	10	10.	8	0.	7	2.	5	8.	2	9.	2	6.	3	6.	3	7.	7	9.	5	8.	23	1.	3	1.
5400.	15	10.	10	8.	7	11.	7	1.	5	7.	2	8.	2	5.	3	6.	3	7.	7	8.	5	7.	22	10.	3	1.
5200.	15	8.	10	6.	7	10.	7	0.	5	7.	2	8.	2	5.	3	5.	3	6.	7	7.	5	7.	22	7.	3	0.
5000.	15	6.	10	5.	7	9.	6	11.	5	6.	2	7.	2	4.	3	5.	3	6.	7	6.	5	6.	22	4.	3	0.
4800.	15	3.	10	2.	7	8.	6	9.	5	5.	2	7.	2	4.	3	4.	3	5.	7	4.	5	5.	22	0.	2	11.
4600.	15	0.	10	0.	7	8.	6	7.	5	5.	2	7.	2	3.	3	3.	3	5.	7	2.	5	5.	21	9.	2	11.
4400.	14	9.	9	10.	7	7.	6	6.	5	4.	2	6.	2	3.	3	2.	3	4.	7	0.	5	4.	21	6.	2	10.
4200.	14	6.	9	8.	7	7.	6	5.	5	4.	2	6.	2	2.	3	2.	3	4.	6	10.	5	4.	21	3.	2	10.
4000.	14	3.	9	6.	7	6.	6	4.	5	3.	2	5.	2	2.	3	1.	3	3.	6	8.	5	3.	21	0.	2	9.
3800.	14	0.	9	4.	7	4.	6	3.	[illegible]	2.	2	5.	2	1.	3	1.	3	3.	6	7.	5	2.	20	6.	2	9.
3600.	13	9.	9	2.	7	2.	6	1.	5	2.	2	4.	2	1.	3	0.	3	2.	6	6.	5	2.	20	1.	2	8.
3400.	13	6.	8	11.	7	0.	5	11.	5	1.	2	4.	2	0.	2	11.	3	2.	6	5.	5	1.	19	8.	2	7.
3200.	13	3.	8	8.	6	10.	5	9.	5	0.	2	3.	1	11.	2	10.	3	1.	6	4.	5	0.	19	3.	2	6.
3000.	13	0.	8	5.	6	8.	5	7.	5	0.	2	2.	1	10.	2	10.	3	1.	6	4.	5	0.	19	0.	2	6.
2800.	12	8.	8	3.	6	6.	5	6.	4	11.	2	2.	1	10.	2	9.	3	0.	6	3.	4	11.	18	5.	2	5.
2600.	12	4.	8	0.	6	4.	5	5.	4	9.	2	1.	1	9.	2	8.	2	11.	6	2.	4	9.	18	0.	2	5.
2400.	12	0.	7	9.	6	2.	5	4.	4	7.	2	1.	1	9.	2	7.	2	10.	6	0.	4	7.	17	7.	2	4.
2200.	11	8.	7	6.	6	0.	5	2.	4	5.	2	0.	1	8.	2	7.	2	9.	5	10.	4	5.	17	2.	2	4.
2000.	11	4.	7	3.	5	10.	5	0.	4	3.	1	11.	1	7.	2	6.	2	8.	5	8.	4	3.	16	9.	2	3.
1800.	11	0.	6	11.	5	8.	4	9.	4	0.	1	10.	1	7.	2	5.	2	7.	5	4.	4	0.	16	0.	2	[illegible]

Table de proportions de trente ancres de différents poids, l'Encyclopédie, (1751-1772), Art.: forge des ancres.

Fig. 49

D



Construction et proportions des ancres, J.E. BERTRAND, Description des Arts et Métiers, (1771-1783), Art.: fabrique des ancres, pl. I.

Fig.5

Diamètre des tourillons	Longueur des tourillons	Diamètre du collet des tourillons	Largeur du collet des tourillons
millim.	millim.	millim.	millim.
40	80	60	11
45	80	60	11
50	85	68	11
55	90	76	12
60	90	82	13
65	97	86	14
70	105	96	14
75	114	103	15

Dimensions des tourillons, LEBLANC, le mécanicien-constructeur (1845) p.24.

fig.51

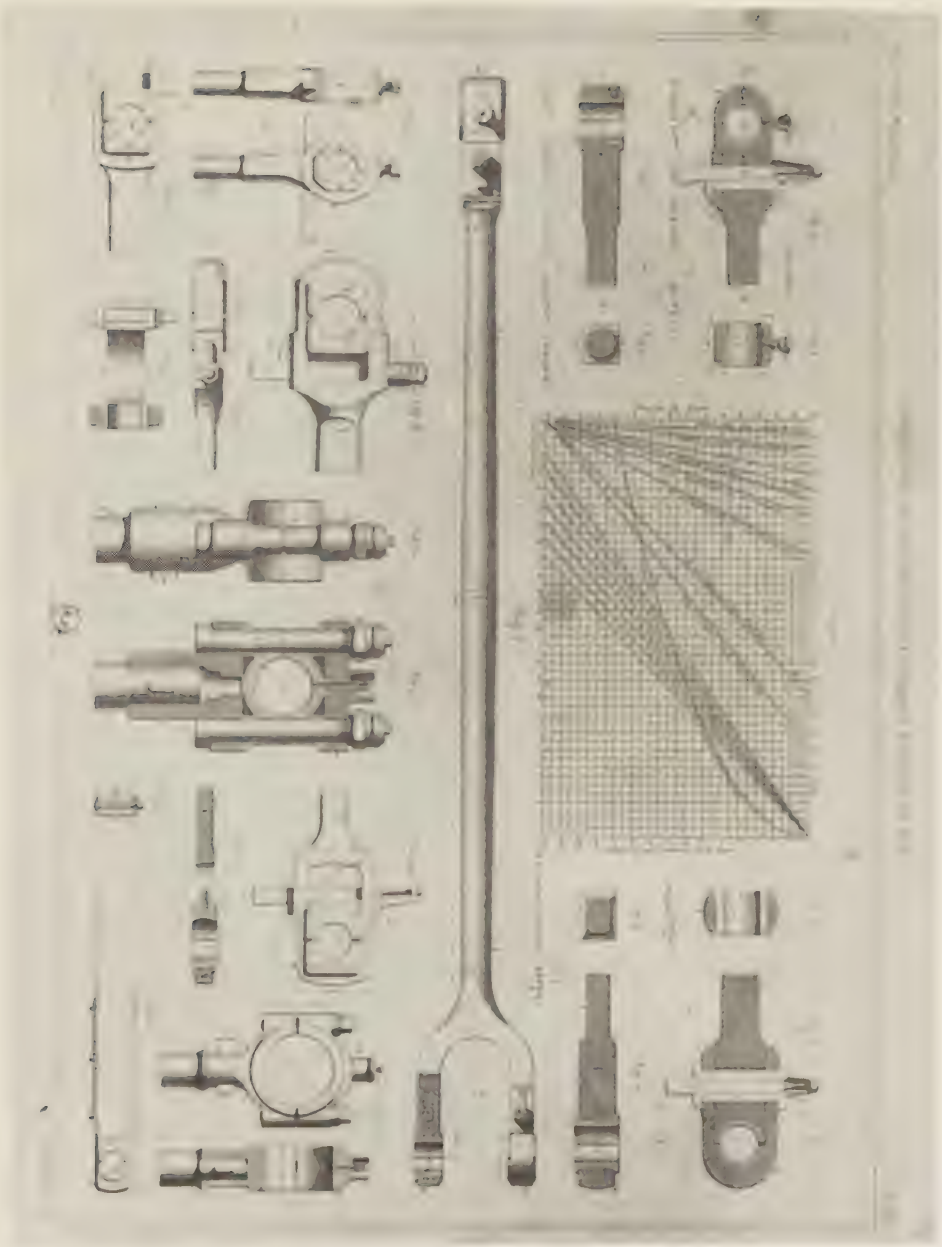
TABLE 1.

DES DIMENSIONS DES PALIERS POUR DES TOURILLONS DE 0m,030 A 0m,230

DIAMÈTRE des tourillons	DIMENSIONS RAPPORTÉES AU DIAMÈTRE DU TOURILLON						
	Portée du tourillon	Portée entre les joues	Largeur de la semelle	Épaisseur du corps	Épaisseur entre le boulon et le coussinet	ÉCARTEMENT des boulons	
						du chapeau	de la semelle
D	L	L'	P	I	r'	E	E'
millimètres	millimètres	millimètres	millimètres	millimètres	millimètres	millimètres	millimètres
30	45	39	36	31	15,5	73	169
35	52,5	45,5	42	36	17	82	190
40	60	52	48	42	19	91	212
45	67,5	58,5	54	47	21	100	233
50	75	65	60	52	22,5	110	254
55	82,5	71,5	66	57	24	119	275
60	90	78	72	63	26	128	297
65	97,5	84,5	78	68	28	137	318
70	105	91	84	73	29,5	146	339
75	112,5	97,5	90	78	31	156	360
80	120	104	96	84	33	165	607
190	285	247	228	199	71	367	849
200	300	260	240	210	75	386	892
210	315	273	252	220	78	404	934
220	330	286	264	231	82	422	977
230	345	299	276	241	85	441	1019

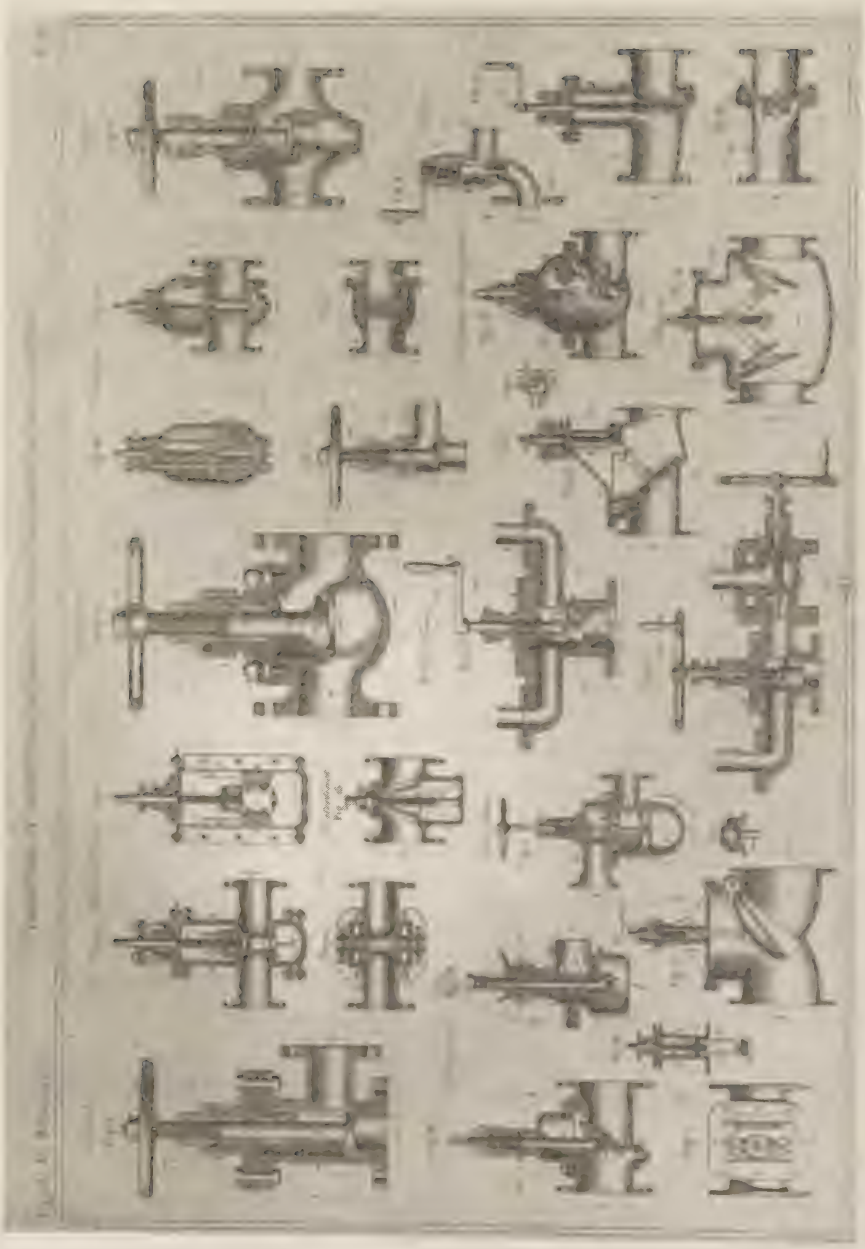
Dimensions des paliers pour les tourillons, ARMENGAUD aîné, le vignole des mécaniciens (1897) p. 198.

fig.52



Proportions et construction des bielles,
ARMENGAUD, Le vignole, (1865), pl. 23.

fig. 53



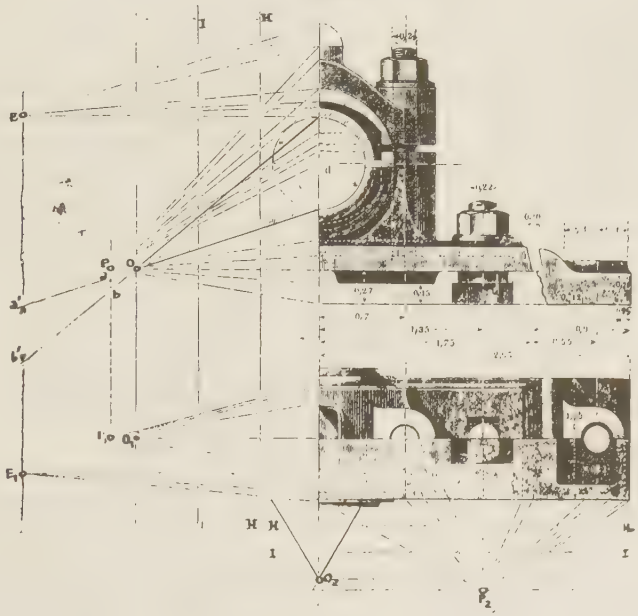
proportion et construction des robinets
ARMENGAUD, Le vignole (1865) pl. 35.

fig.54

Échelle de proportions pour les paliers horizontaux.

La détermination des dimensions des paliers peut se faire avec

Fig. 295.



avantage au moyen d'une épure. Nous donnons ici, comme exemple, celle qui se rapporte au cas des paliers horizontaux (1).

Les pôles O, O_1 et O_2 correspondent aux diamètres d des tourillons, et les pôles P, P_1 et P_2 aux dimensions qui sont rapportées au module $d_1 = 10 + 1,15\,d$; ce module d_1 devient égal à O_1 pour $d = (-10) : 1,15 = -8^{mm},7$. La position du pôle P se trouve, dès lors, déterminée par la condition qu'en menant par ce point une verticale, la longueur ab comprise entre les rayons Oa et Ob soit égale à $-8^{mm},7$. Les intersections des rayons menés par les points O et P avec les ordonnées I, II,... fournissent les valeurs correspondantes des diamètres et des autres éléments, à l'exception toutefois, des dimensions des coussinets qui exigent un pôle spécial, puisqu'elles sont rapportées à un module différent. Ce module, qui est $e = 5 + \frac{7}{100}\,d$, devient nul pour $d = (-5.100) : 7 = -43^{mm}$. Les pôles E et E_1 cherchés se trouvent, par suite, sur la ligne verticale dont la partie $a'b'$, comprise entre les rayons Oa' et Ob', a une longueur égale à 43^{mm}. Pour le réservoir d'huile placé sur le chapeau, la dimension est $10 + 0,25\,d_1 = 10 + 0,25 \,.\, 10 + 0,25 \,.\, 1,15\,d = 12,5 + 0.29\,d$, ce qui revient à $4.17\,(3 + 0.07\,d) = 4,17\,e$. Le point E peut donc également être utilisé comme pôle pour les dimensions du réservoir à huile.

(1) La maison Escher-Wyss, de Zurich, fait usage, pour les paliers, d'une épure très-bien disposée; cette épure, bien qu'établie dans l'hypothèse de la proportionnalité géométrique de toutes les dimensions et ne possédant, par suite, qu'un seul pôle, rend cependant de très-bons services.

Méthode des échelles de proportions,
F. REULEAUX, Le constructeur, (1881), pp. 281-282.

fig.55

СССР МС и МП — Нормаль станкостроения — Кольцо уплотнительное для неподвижных соединений — А52-4

Взамен — На 1 листе

Настоящая нормаль распространяется на уплотнительные кольца, применяемые для обеспечения герметичности неподвижных соединений в устройствах, работающих при рабочих давлениях от 0 до 250 кг/см² и температурах от −35° до +80°С.

Рабочая среда - минеральное масло, эмульсия.

Материал: маслостойкая резина 3073 по ТУ, для ответственных узлов СТУ 80-51.

Обозначение уплотнительного кольца с D = 20 мм: Кольцо 29А52-4

Размеры в мм

D	d	D₁	h	b	d	h₁	b	d	h₁	b	d
10	2 ±0,3 −0,1	8,5	1,5	2,5	3 ±0,2	5	3,0 +0,4 −0,1	5	4,6 +0,5	2,5	3
12		10,5									
14		12,5									
16		14,5									
18		16,5									
20		18,5									
22	2,5 ±0,4 −0,2	20,5	2	3	4	6					
25		23,5									
28		26,5									
30		28,5	2,3								
32		30,5									
35		33,5									
38		36,5									
40		38,5	3,1	+0,3	5	7,2					
45		43,5									
50		48,5									
60		58,5									
70		68,5									
80		78,5									
90		88,5									
100		98,5									
110		108,5									
120		118,5									

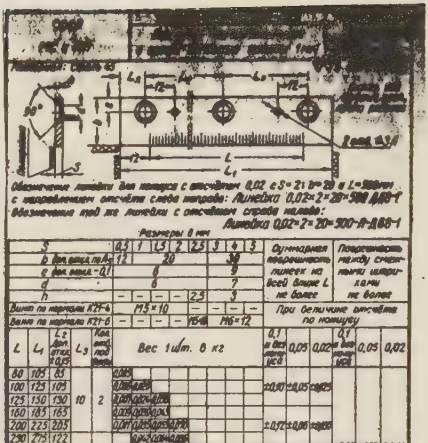
1. Поверхность уплотнительного кольца должна быть ровной, допускаются незначительные следы от обрезной облоя в пределах установленных допусков на размеры.
2. Маслостойкая резина 3073 ГОСТ 7338-51 может быть заменена резиной другой марки с аналогичными физико-механическими свойствами.

Размеры применения

3. Вес колец подсчитан из расчёта удельного веса 1,5 г/см³.
4. Чистота поверхности расточек под уплотнительные кольца ▽▽7.
5. Размер D_1 не должен быть более D-2d.
6. Допуск на диаметр расточки D по нормали станкостроения Н31-2 „Допуски на свободные размеры обработанных деталей".

Расположение поля допуска симметричное.

Источник	Внесена	Срок внедрения 1-1-56 г.	Утверждён
	ЭНИМС	Взамен 1 / Дата 1955 г.	Зам. министра 30-VI-1955 г.



Обозначение линейки для замера с отсчётом 0,02 с S = 2; b = 20; L = 500 мм с неравномерным отсчётом слева направо: Линейка 0,02×2×20×500 А68-1

Обозначение той же линейки с отсчётом справа налево: Линейка 0,02×2×20×500-Л-А68-1

Размеры в мм

S	0,5	1	1,5	2	2,5	3	4	5	Суммарная неравномерность линеек на всей длине L не более	Погрешность между счетными штрихами не более
b доп. откл. ±0,1	12	20				30				
c доп. откл. −0,1	6					9				
d	6					7				
h	—	—	—	—	2,5	3				
Винт по нормали Н27-6	М5×10		—	—	—	—			При величине отсчёта по номиналу	
Винт по нормали Н27-6	—	—	—	—	М5×6	М6×12				
L	L_1	L_2 доп. откл. ±0,05	L_3	Вес 1 шт. в кг					0,1 и без допуска	0,05 / 0,02
80	105	85	2	0,065						
100	125	105		0,080	0,085				±0,10	±0,05 / ±0,025
125	150	130	10	0,101	0,104	0,106				
160	185	165		0,129	0,133	0,136				
200	225	205		0,161	0,165	0,169	0,178		±0,12	±0,06 / ±0,030
250	275	122	3		0,206	0,211	0,223			
315	340	155			0,259	0,265	0,279	0,292		
400	425	187			0,329	0,336	0,353	0,369	±0,15	±0,075 / ±0,035
500	525	247	15		0,411	0,420	0,441	0,461	0,484	0,506
630	655	208	4			0,529	0,556	0,581	0,610	0,637
800	825	285				0,672	0,707	0,739	0,776	0,811
1000	1022	249	5			0,840	0,884	0,924	0,970	1,01
1250	1272		6				1,104	1,155	1,213	1,267

1. Размеры штрихов по нормали Н02-2.
2. Начертание шкал и букв по нормали Н03-1.
3. Кронштейн на чертеже условно.
4. Впадины рисок и шкал должны иметь тёмный фон.
5. Технические условия по ГОСТ 427-41.

Источник	Внесена	Срок внедрения 1-1-56 г.	Утверждён
	ЭНИМС	Взамен 1 / Дата 1955 г.	Зам. министра 20-II-55 г.

СССР МС и МП — Нормаль станкостроения — Лимбы отсчётные — Д67-3

Взамен — На 1 листе

Материал: Сталь 45 — Исполнение I — Исполнение II — ▽▽6 ОСТАЛЬНОЕ — Полировано

"Место маркировки"

Полировано

Насадка селькстов Д8

Обозначение лимба исп. I с D = 40; d = 10; n = 50 с ценой деления 0,1 мм или 5" и направлением отсчёта по часовой стрелке: Лимб 40×10×50×0,1 Д67-3

Обозначение лимба исп. II 40×10×50×0,1 Д67-3

Обозначение без на чертежах с отсчётом против часовой стрелки: Лимб 40×10×50×0,1-Л-Д67-3

Размеры в мм

D	40	60	80	100	125	160	200
D_1 доп. откл. ±0,1	25	32	40	50	63	80	100
D_2	16	20	25	30	35	45	55
D_3	14	18	22	27	32	42	52
D_4	—	26	34	42	52	65	80
L	16	18	20	22	25	30	32
l	—	8	10	11	12	16	16
l_1	—	2	3	6	7	8	10
l_2	1	2	3,5				
l_3	1	1,5	2				
d	10						
d_1	3						
d_2	3,0						
d_3	1,5						
d_4	1,5						
d_5	1,5						
d_6	1,5						
d_7	1,5						
d_8	1,5						
d_9	1,5						
d_{10}	1,5						
d_{11}	1,5						
d_{12}	1,5						

DK 621.882.082.2 — DEUTSCHE NORMEN — 8. Ausg. Juni 1923 ×

Whitworth-Gewinde

DIN 11

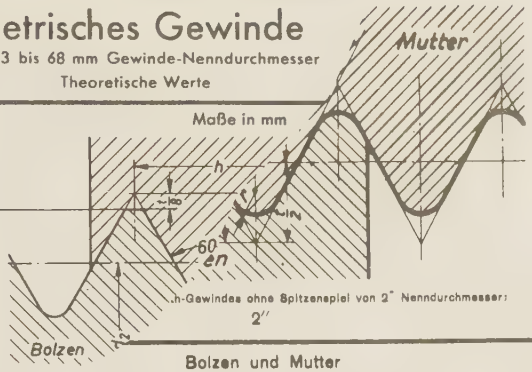
DK 621.882.082.1 — DEUTSCHE NORMEN

Metrisches Gewinde

von 0,3 bis 68 mm Gewinde-Nenndurchmesser

Theoretische Werte

Maße in mm



$h = \frac{25{,}40005}{z}$

$r = 0{,}13733\ h$

$t = 0{,}06049\ h$

$t_1 = 0{,}64033\ h$

h-Gewindes ohne Spitzenspiel von 2" Nenndurchmesser:

2"

Bezeichnung eines Metrischen G

Nenndurchmesser Zoll	Bolzen und Mutter: Kerndurchmesser d_1	Kernquerschnitt cm²	Gewindetiefe t_1	Rundung r	Flankendurchmesser d_2	Steigung h	Gangzahl auf 1 Zoll z	Nenndurchmesser Zoll
1/4	6,350	4,724	0,175	0,813	0,174	5,537	1,270	20
5/16	7,938	6,131	0,295	0,904	0,194	7,034	1,411	18
3/8	9,525	7,492	0,441	1,017	0,218	8,509	1,588	16
(7/16)	11,113	8,789	0,607	1,162	0,249	9,951	1,814	14

W 15, gestattet.

Bevorzugte Gewinde-Nenndurchmessern weggefallen.
Fußnote über Gewinde-Auswahlreihen aufgenommen

C.D. 621.882.082.2 — Unificazione italiana — Luglio 1945

Filettatura Whitworth

UNI 2709

C.D. 621.882.082.1 — Unificazione italiana — Luglio 1945

Filettature metriche

Serie dei diametri e dei passi

UNI 2702

N° 3 tabelle

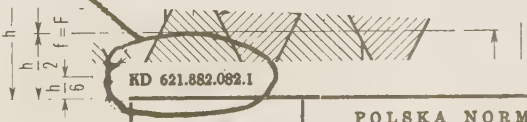
Sostituisce UNM 16

Dimensioni in mm

h = 0,96049 p

f = 0,64033 p

r = 0,13733 p



KD 621.882.082.1

POLSKI KOMITET NORMALIZACYJNY

POLSKA NORMA

Gwinty metryczne

Teoretyczne wymiary gwintów w zależności od skoku *h* i średnicy *d*

PN-54 M-02005

Zamiast PN/M-02005 z 1950 r.

Grupa katalogowa IV 12

Esempio di des

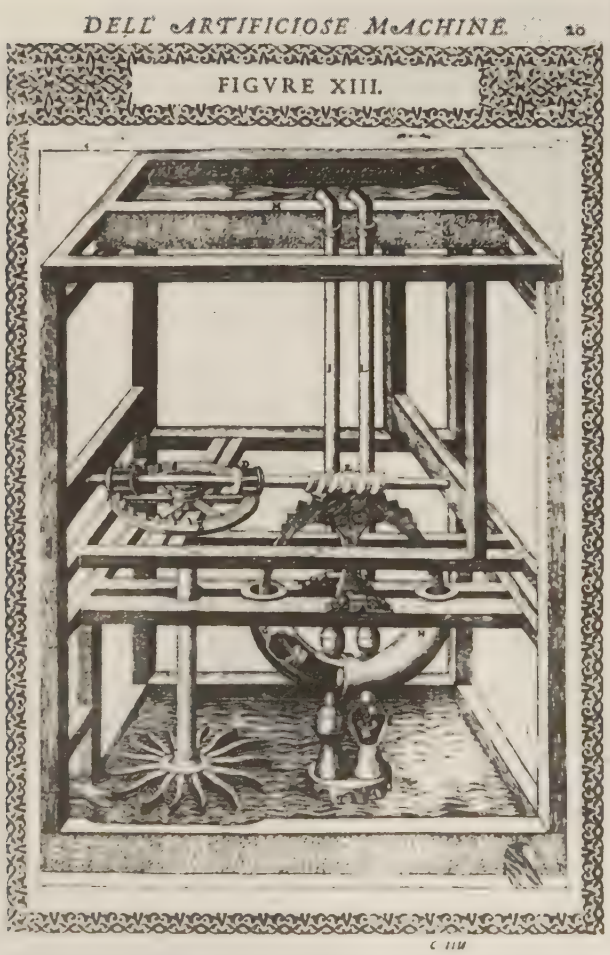
fig.57

Indicazione per la designazione	Diametro esterno di vite e di madrevite d = D	Diametro medio di vite e di madrevite $d_m = D_m$	$d_1 = D_1$	mm²	p	z	f	r
1/4	6,350	5,537	4,724	17,5	1,270	20	0,813	0,17
5/16	7,938	7,034	6,130	29.5	1.411	18	0.904	0.19
3/8	9,525	8,508						
7/16	11,112	9,950						
1/2	12,700	11,344						
5/8	15,875	14,398						

1. WSTĘP

Montage à partir de normes Allemandes, italiennes et polonaise sur les filetages métriques et WHITWORTH. La norme française sur le filetage métrique porte le n° NF E 03-D01, Février 1959 .

L'UNIFICAZIONE NELL'INDUSTRIA - MILANO



Pompe à eau, A. RAMELLI, Le diverse et artificiose machine, (1588), photo D.M., Munich, n° 826.

fig.58

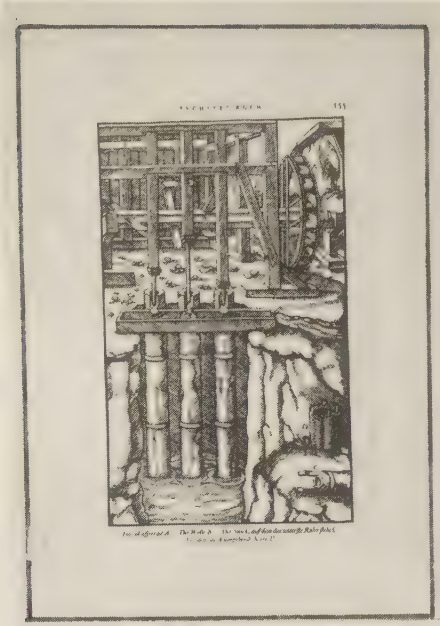
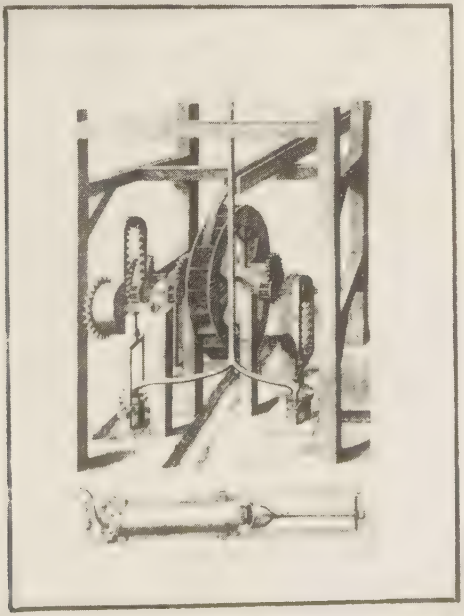


fig.59

Pompe à eau, AGRICOLA,
de re Mechanica, (1556),
doc. D.M., Munich, n° 13117.

Pompe à eau, A. RAMELLI,
Le diverse, (1588),
doc. D.M., Munich.



Pompe à eau, VERANZIO,
Machinae novae, (1615),
doc. D.M., Munich, n° 14566.

fig.61

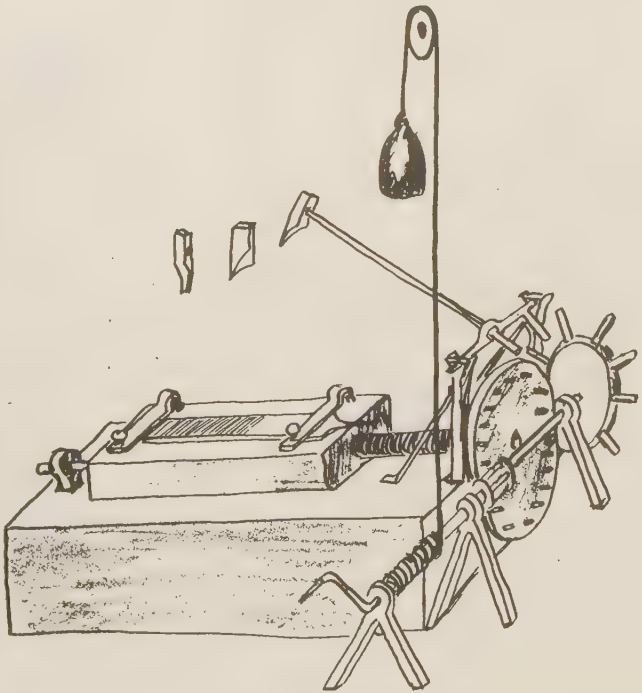


Fig.62 Machine à tailler les limes d'après L. de VINCI, Cod. Atl. Fol.6, recto, date indéterminée, dessin de l'auteur.

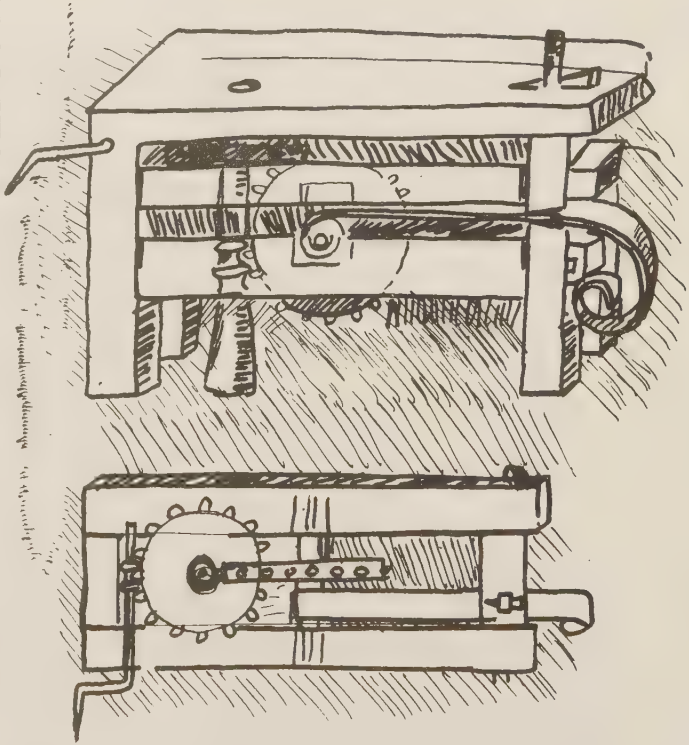
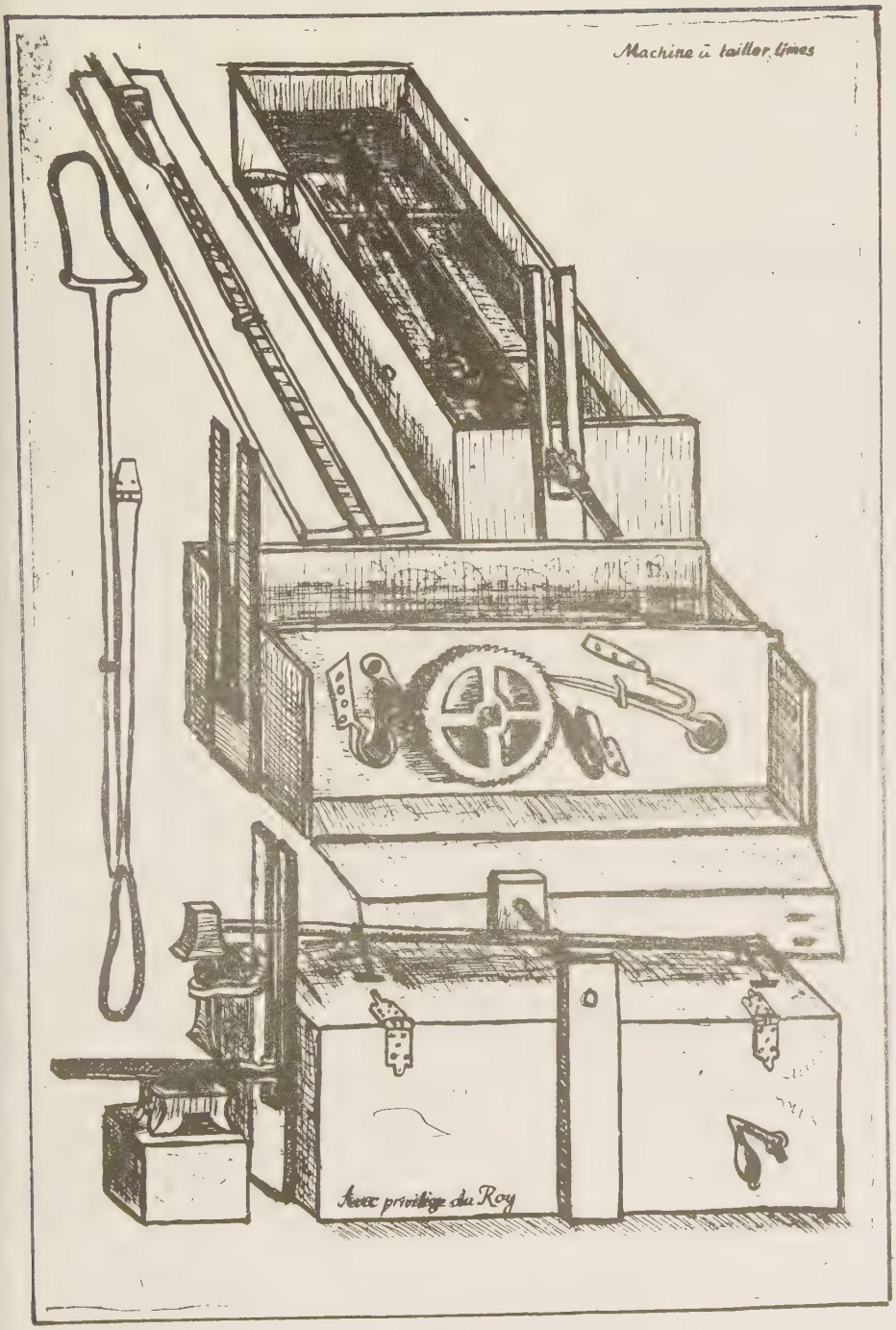
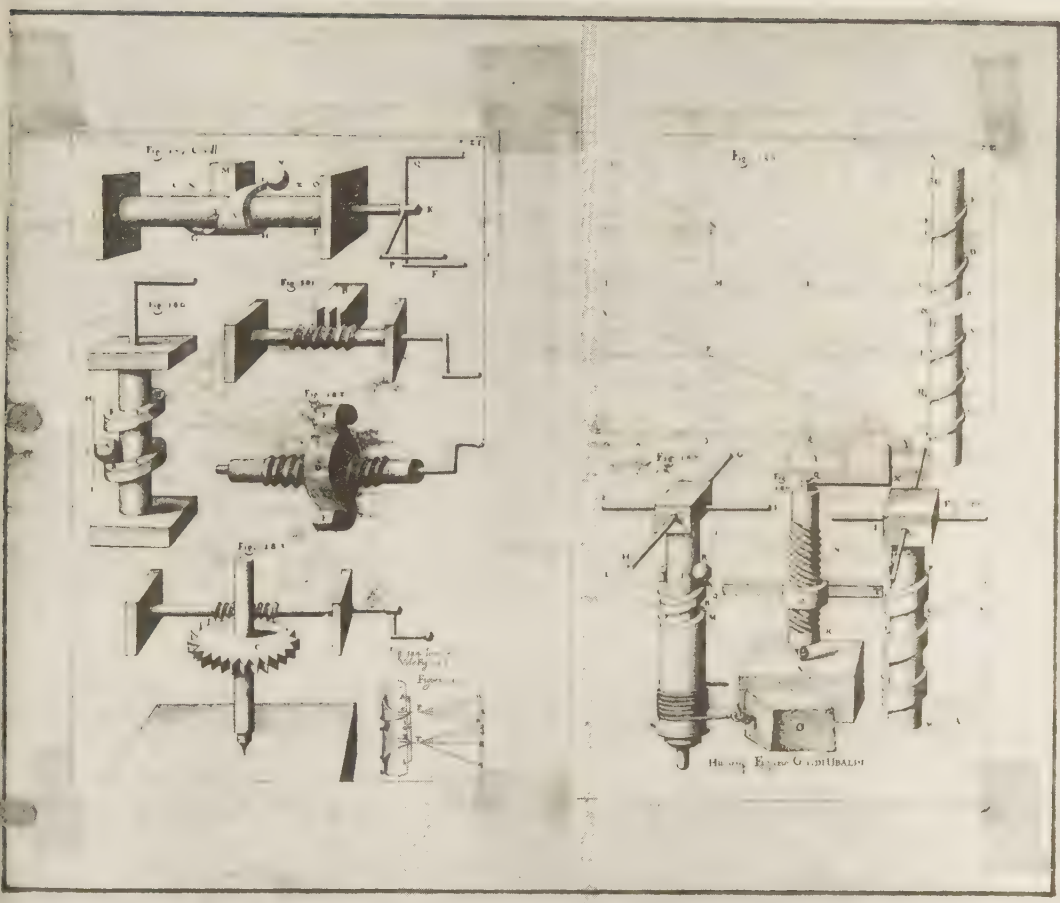


Fig.63 Laminoir pour le cuivre et le plomb, d'après L. de VINCI, Manuscrit, Atl. Fol. 70, verso, (≃ 1505), dessin de l'auteur.



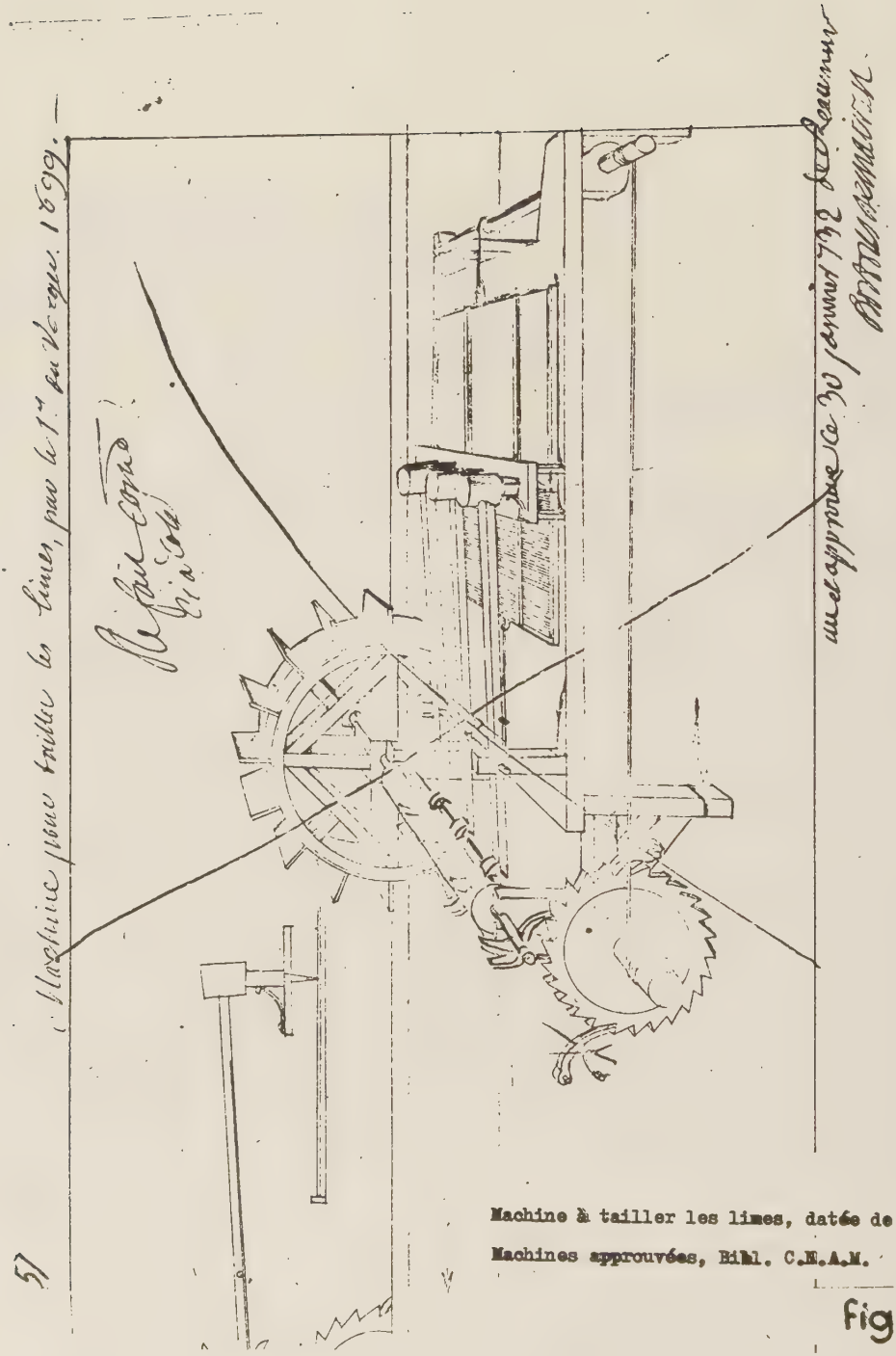
Machine à tailler les limes, M.JOUSSE, La fidelle ouverture, (1627), dessin de l'auteur.

Fig.64



Système à vis, G. UBALDI, Mechanischer Kunst, (1629), photo D.M. München n°31884 et 31888.

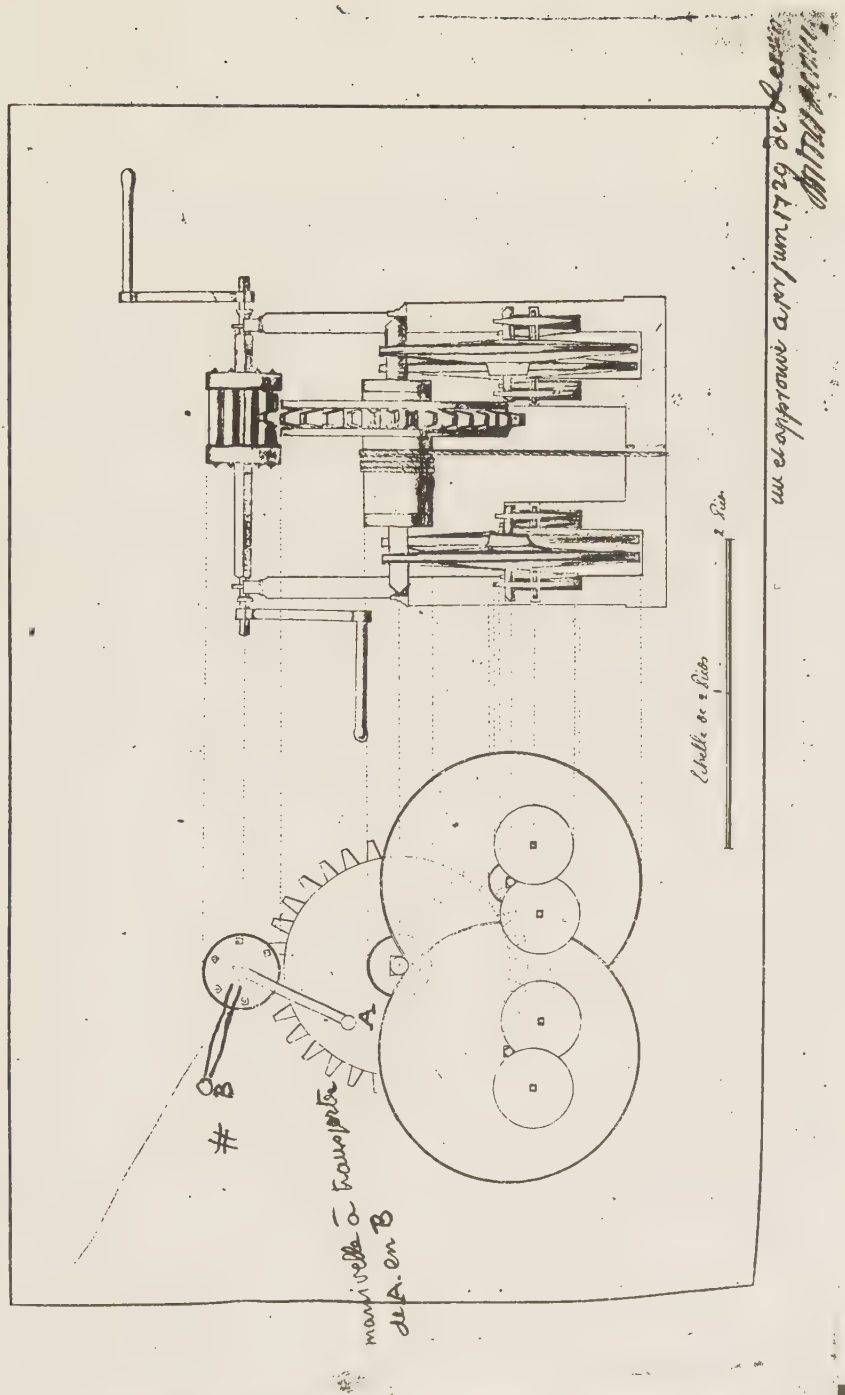
fig. 6



Machine à tailler les limes, datée de 1699,

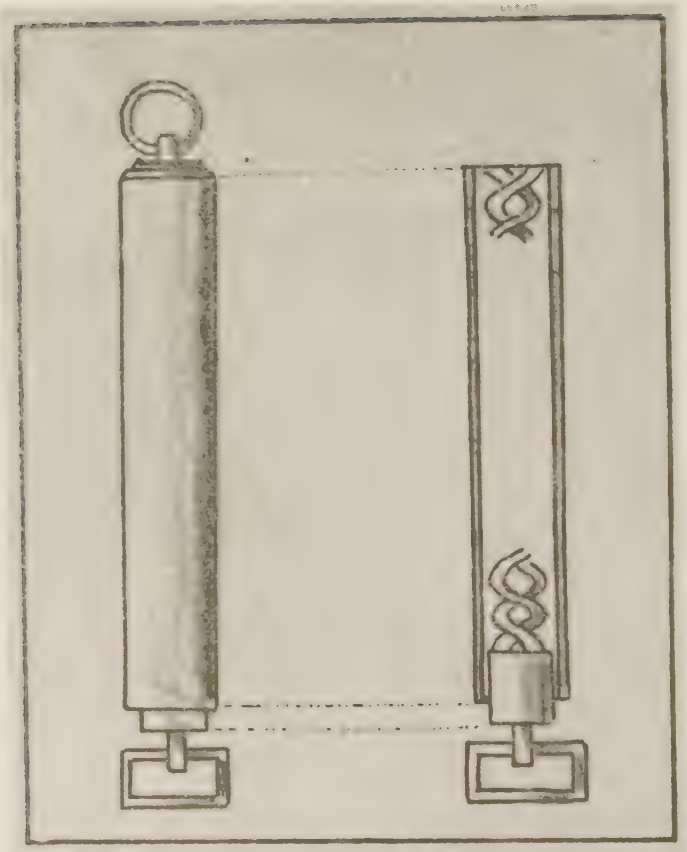
Machines approuvées, Bibl. C.N.A.M.

Fig.66



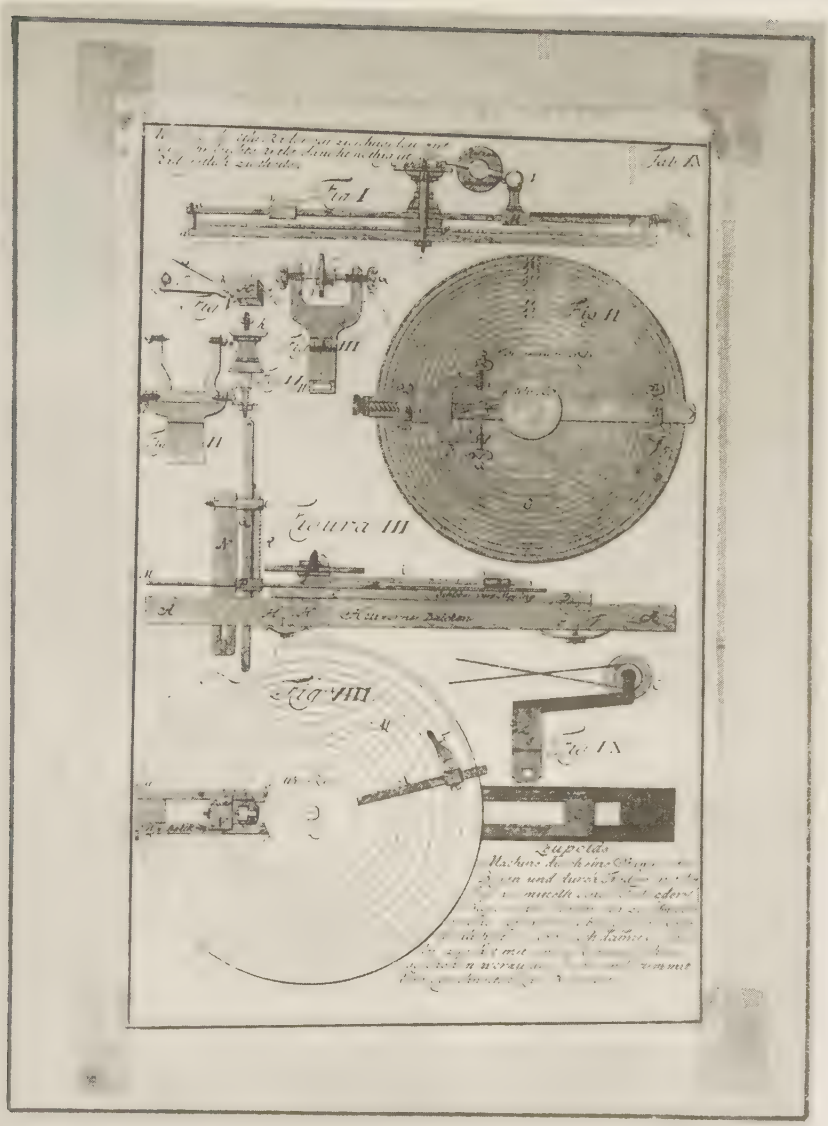
Machine pour favoriser les forces mouvantes, datée de 1725, Machines approuvées, Bibl. C.N.A.M.

fig.67



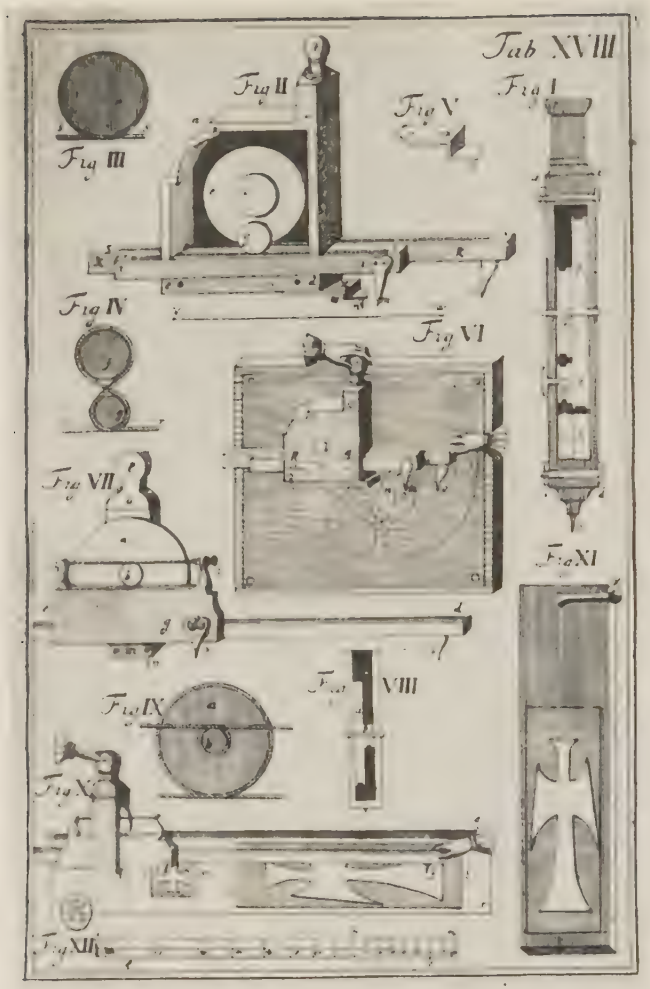
Cylindre amortisseur, Machines approuvées, (1700), Bibl. CNAM.

fig. 68



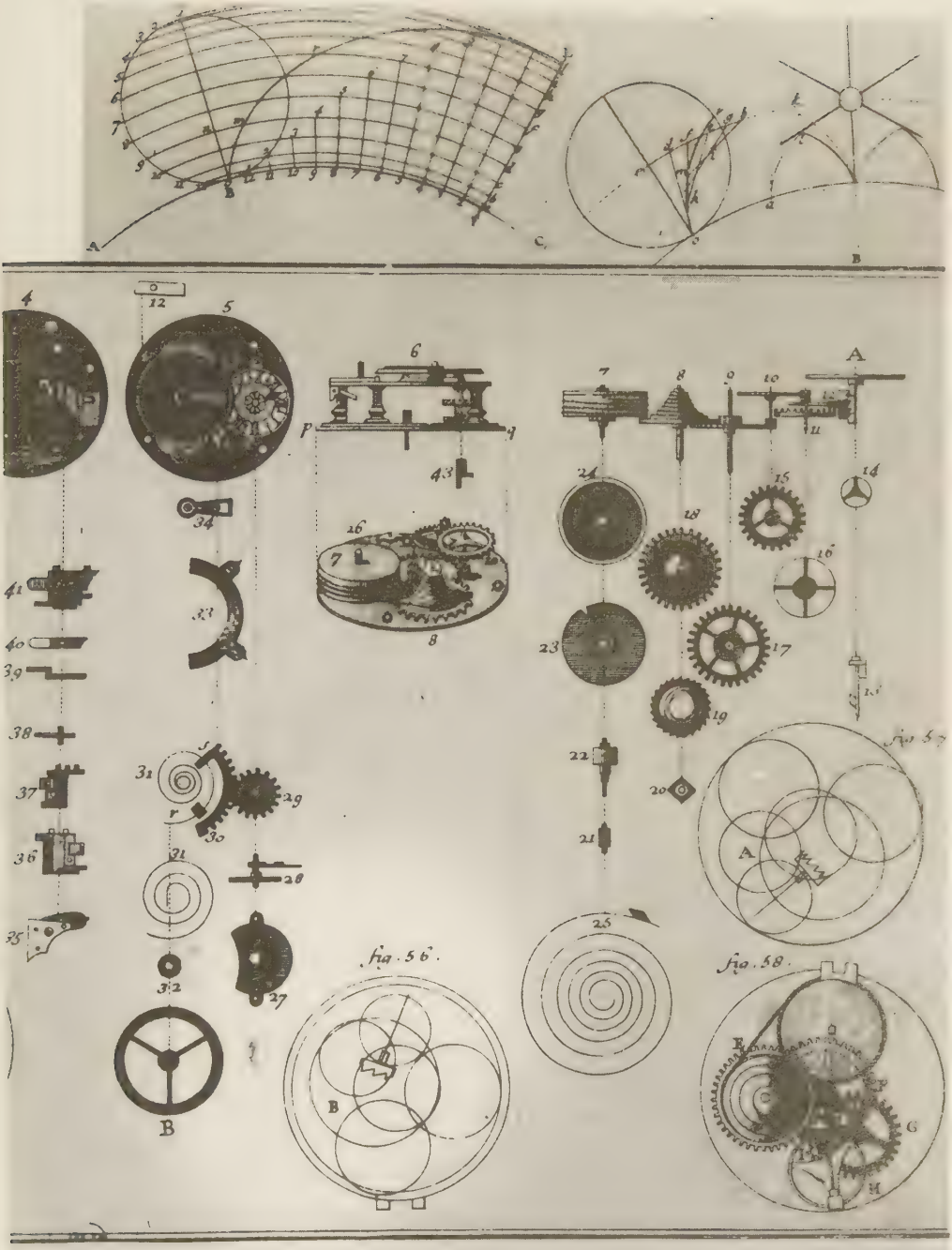
Plateau diviseur, J. LEUPOLD, Theatri machinarum, (1724), pl. 15, Photo D.M. Munich, n° 15899.

Fig. 69



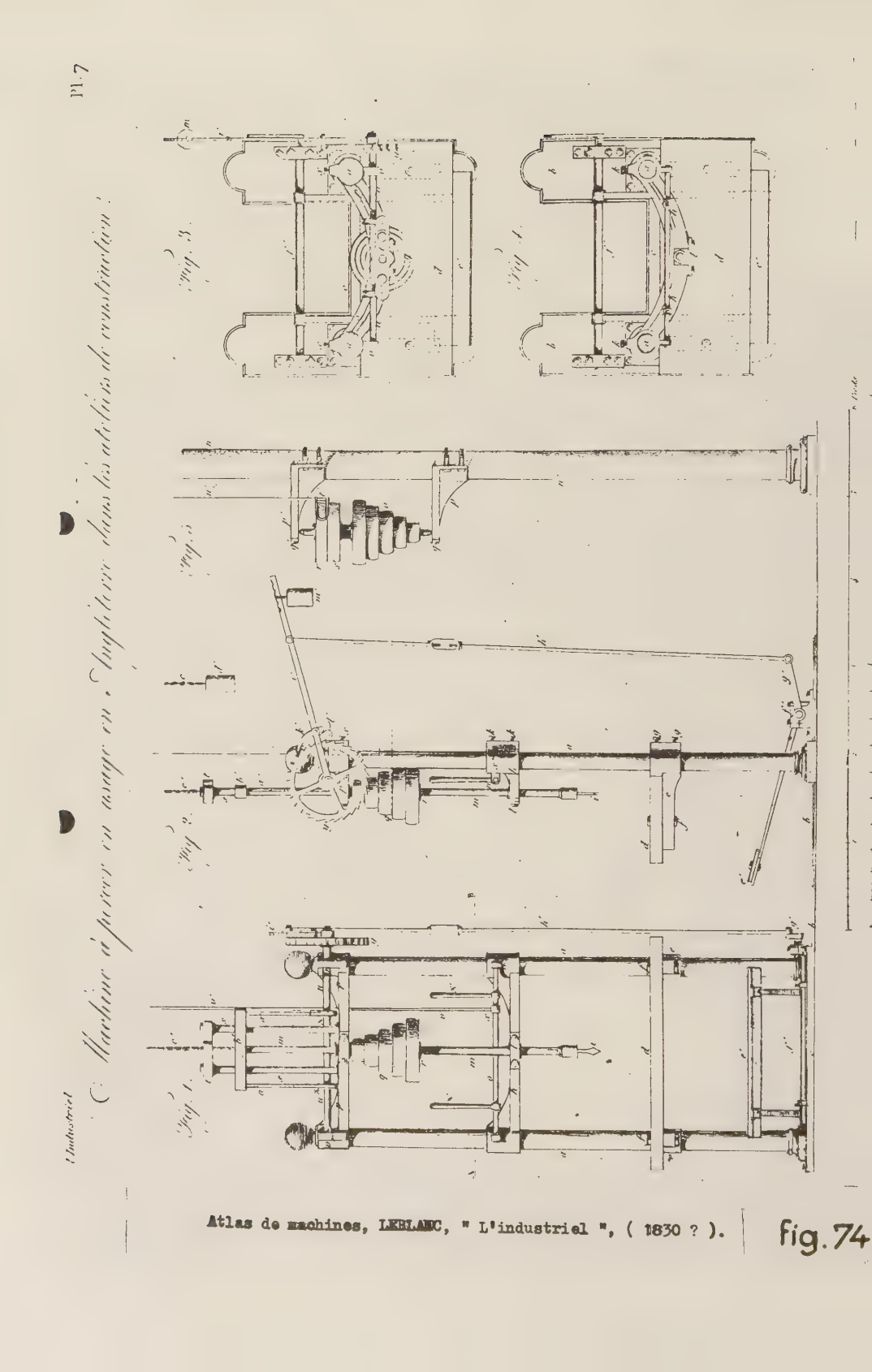
Détails constitutifs d'un pantographe, avec échelle, J. LEUPOLD, Théatri machinarum generale, supplementum, (1738), pl.18, photo R.N.

Fig. 70



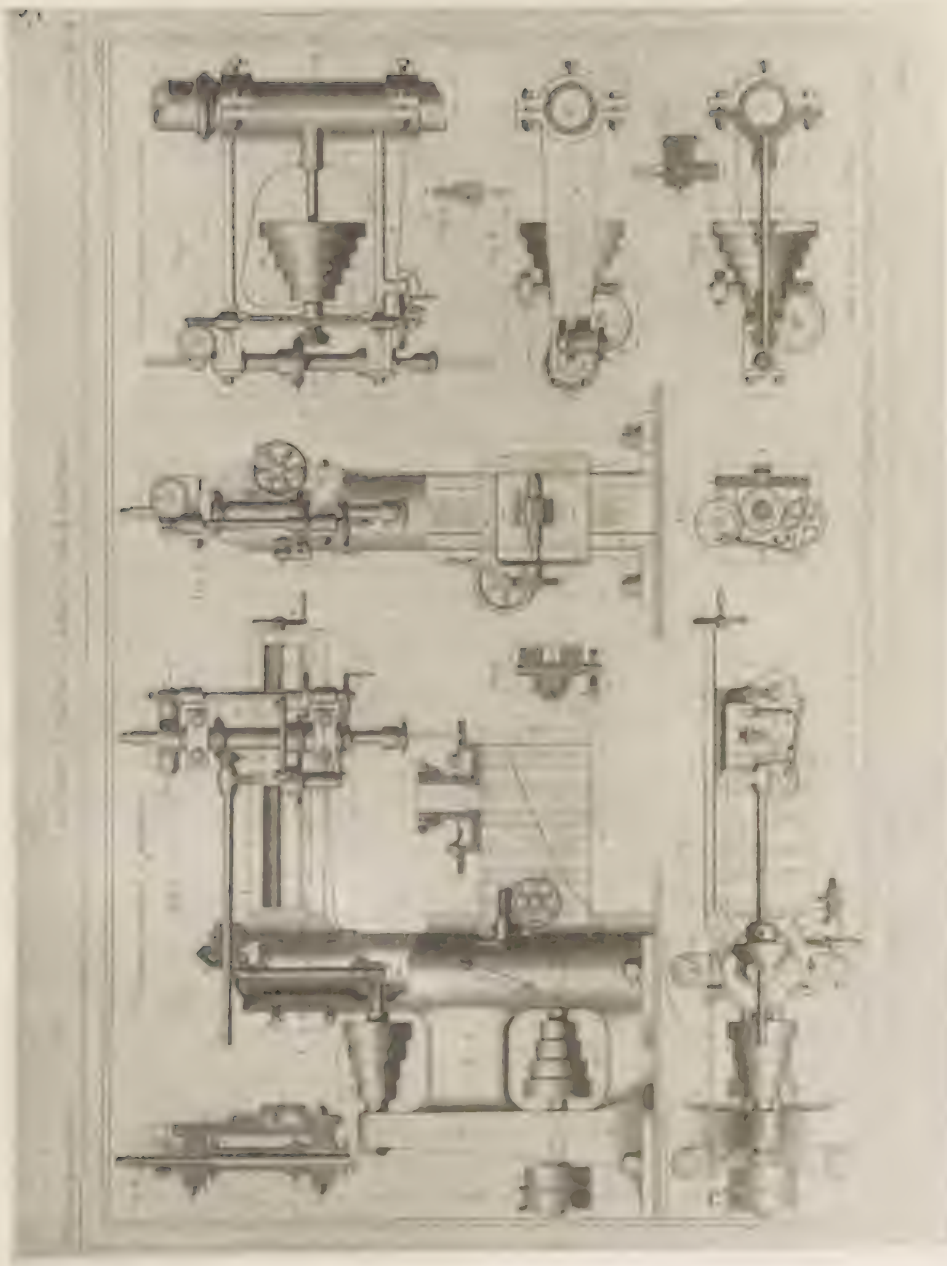
THIOUT (A) Traité d'horlogerie mechanique et pratique (1741)
Tracé des engrenages (partiel) Planche 48, tome 1.
Développement d'une montre ordinaire (partiel) Planche 34, tome 2.

fig. 71



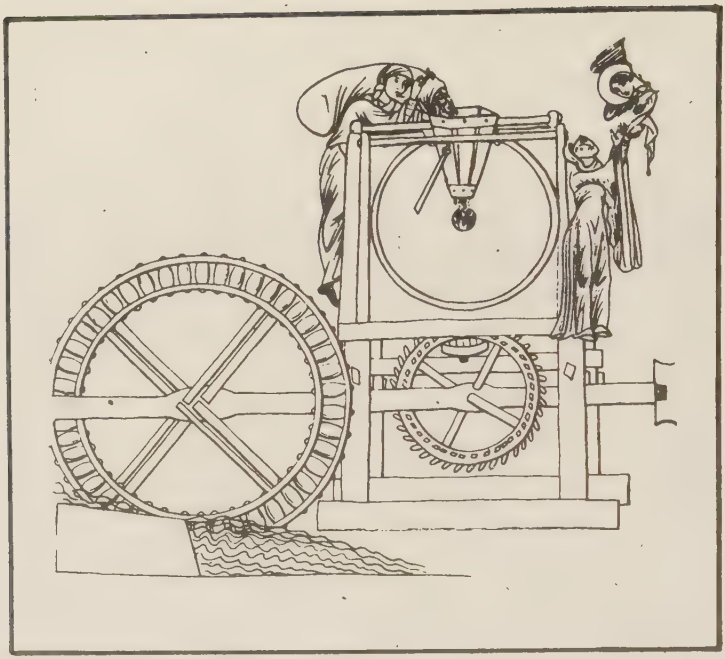
Atlas de machines, LEBLANC, " L'industriel ", (1830 ?).

fig. 74



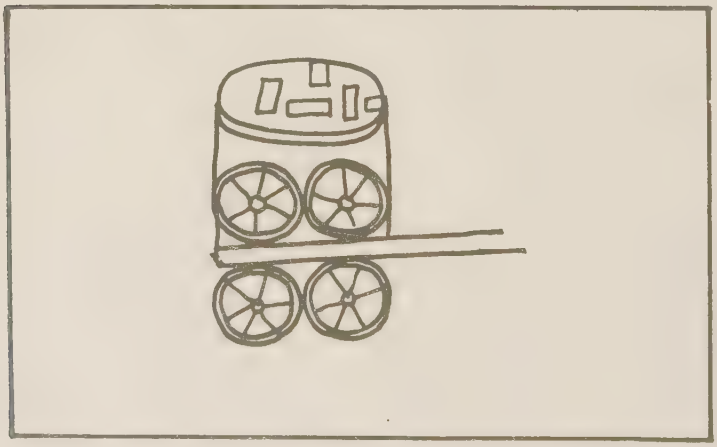
Atlas de machines, ARMENGAUD, " Publications industrielles ", (1848-1870).

fig.75



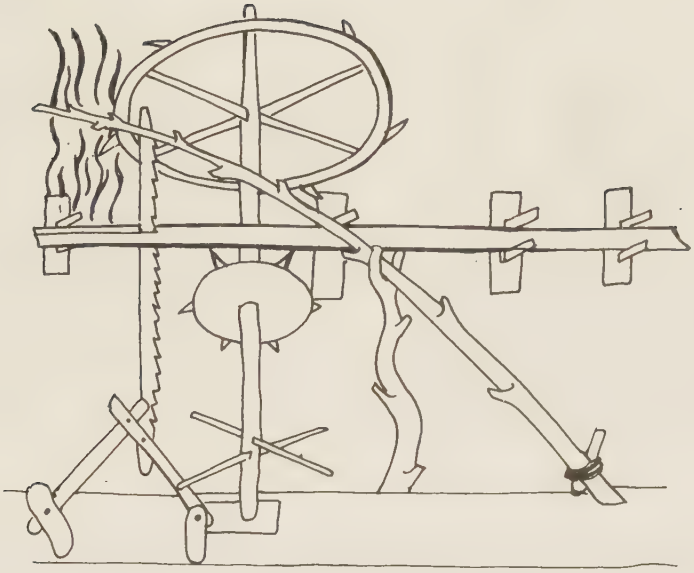
Moulin à eau, Herrad von LANDSPERG, Hortus deliciarum, (1180), origine inconnue.

fig.76



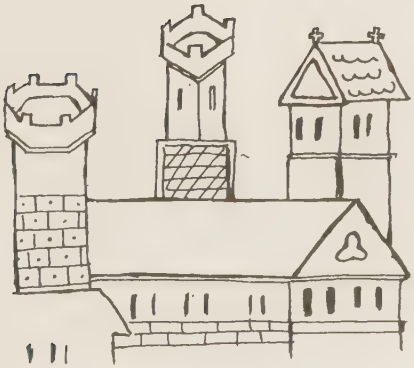
Transport de matériaux pour la construction d'un temple, d'après une miniature de lq bible dite de NOAILLES, (XIIè siècle), dessin de l'auteur.

fig.77



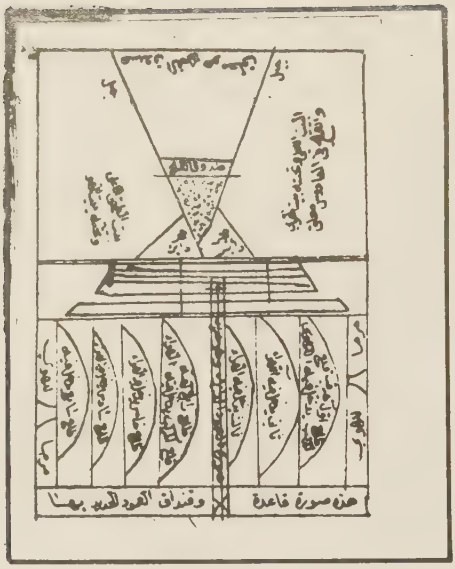
Scie actionnée par une roue à eau, d'après VILLARD de HONNECOURT, carnets, (≃1250), dessin de l'auteur.

fig.78



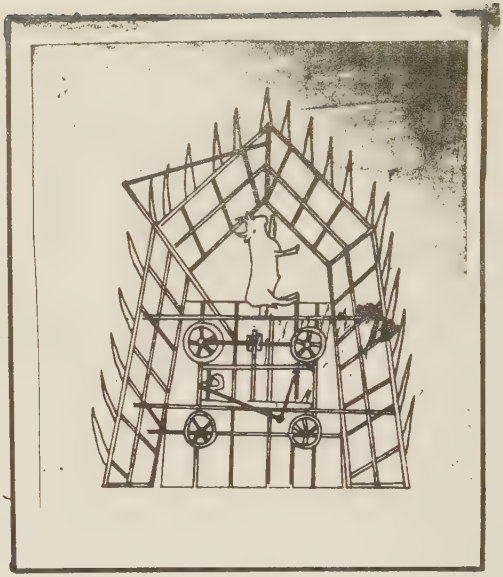
Représentation d'une ville, d'après VILLARD de HONNECOURT, carnets, (≃1250), dessin de l'auteur.

fig.79



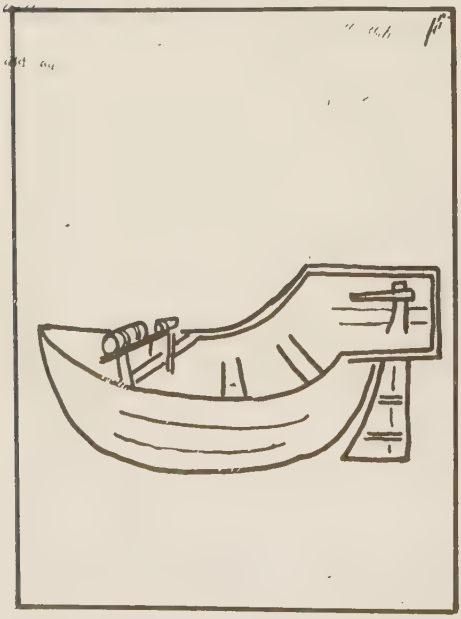
Moulin à vent, horizontal,
AL-DIMASHQÎ, traité de cosmographie,
(1271 ?), d'après ARNOLD, Bilder aus
Gesichte des Kraftmaschinen.

fig.80



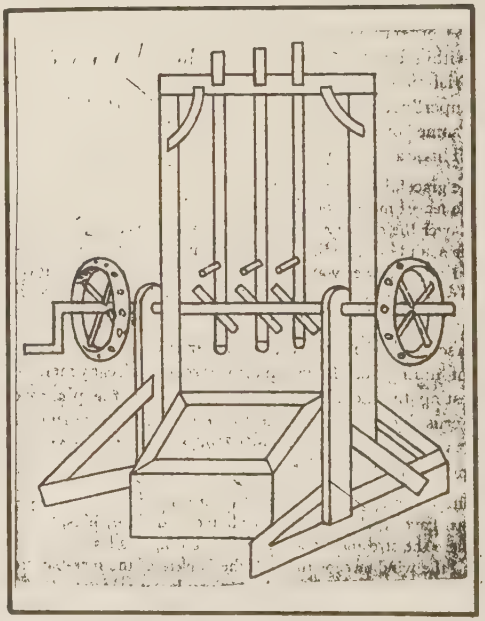
Char mû par un boeuf, G. de VIGEVANO,
Traité des machines, (1328),
d'après GILLE, Les Ingénieurs...

fig.81



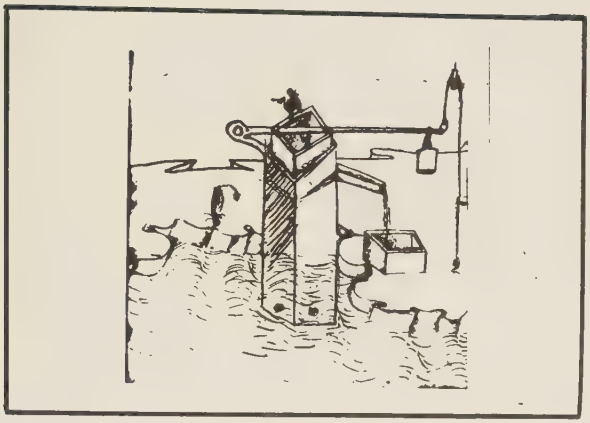
Barque armée, d'après dessin du
XIVè siècle (?),
Musée de la Marine, dessin de
l'auteur.

fig.82



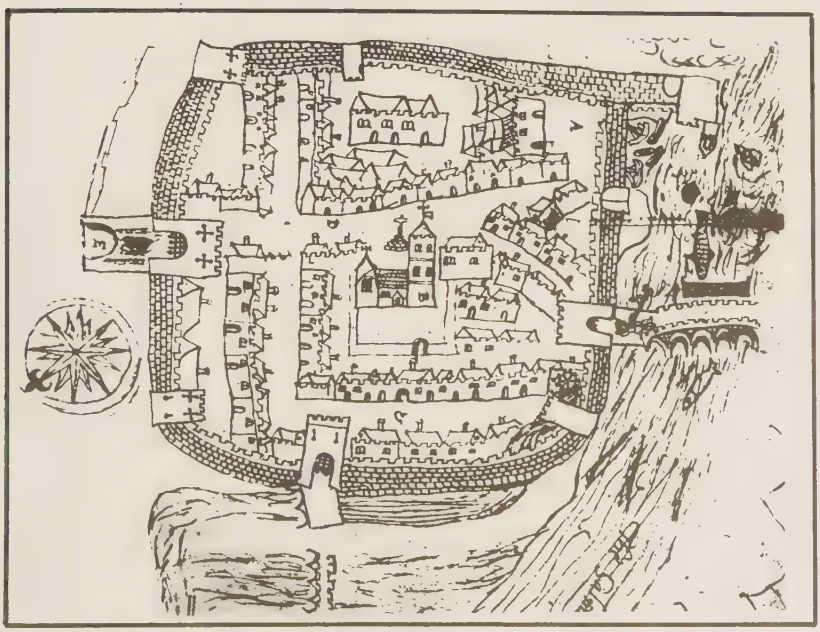
Moulin à pilons, Anonyme de la guerre
hussiste, (1430),
d'après GILLE, Les Ingénieurs...

fig.83



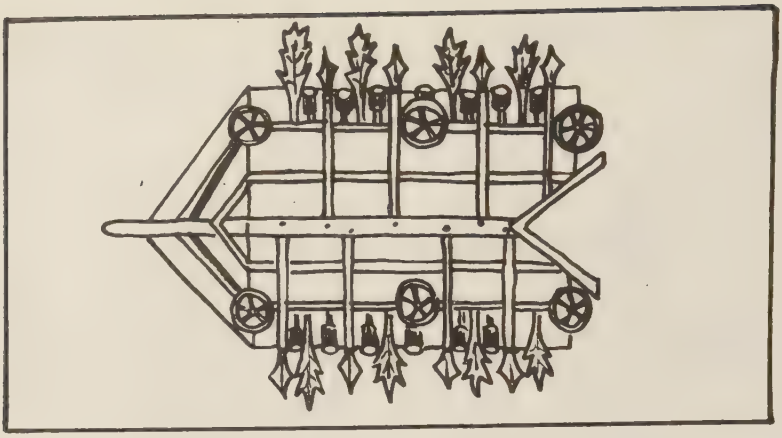
Pompe, d'après MARIANO, (1430), doc. D.M. Münich n°477.

fig.84



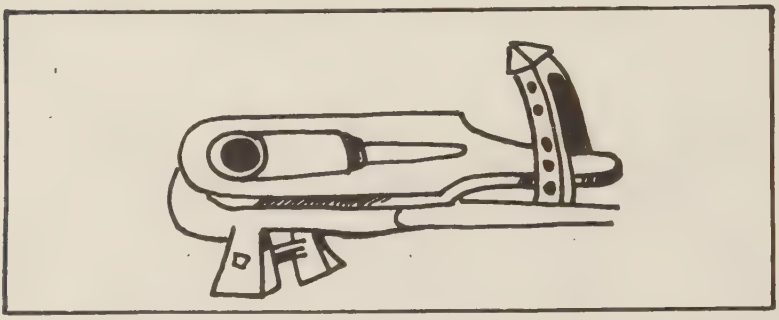
Plan d'une ville d'Irlande, Barnaby GOOCH, (1585), origine inconnue.

fig.85



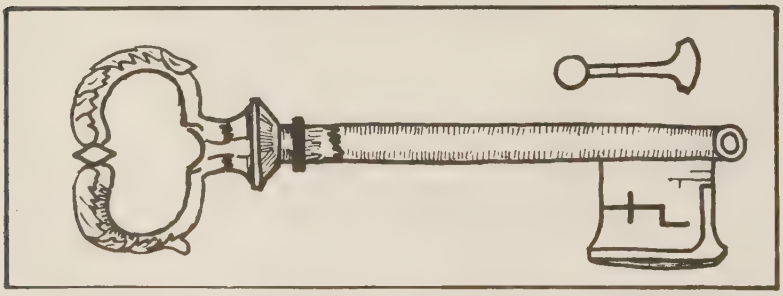
Char muni d'artillerie, d'après KEYSER, (1405), dessin de l'auteur, (GILLE p.52).

fig.86



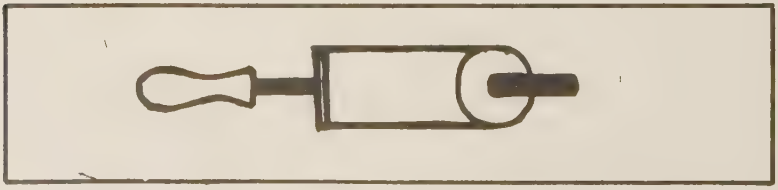
Canon avec hausse, d'après Anonyme de la guerre hussiste, (1430), dessin de l'auteur, (GILLE p.61).

fig.87



Modèle de clé, M.JOUSSE, La fidelle ouverture, (1627), dessin de l'auteur.

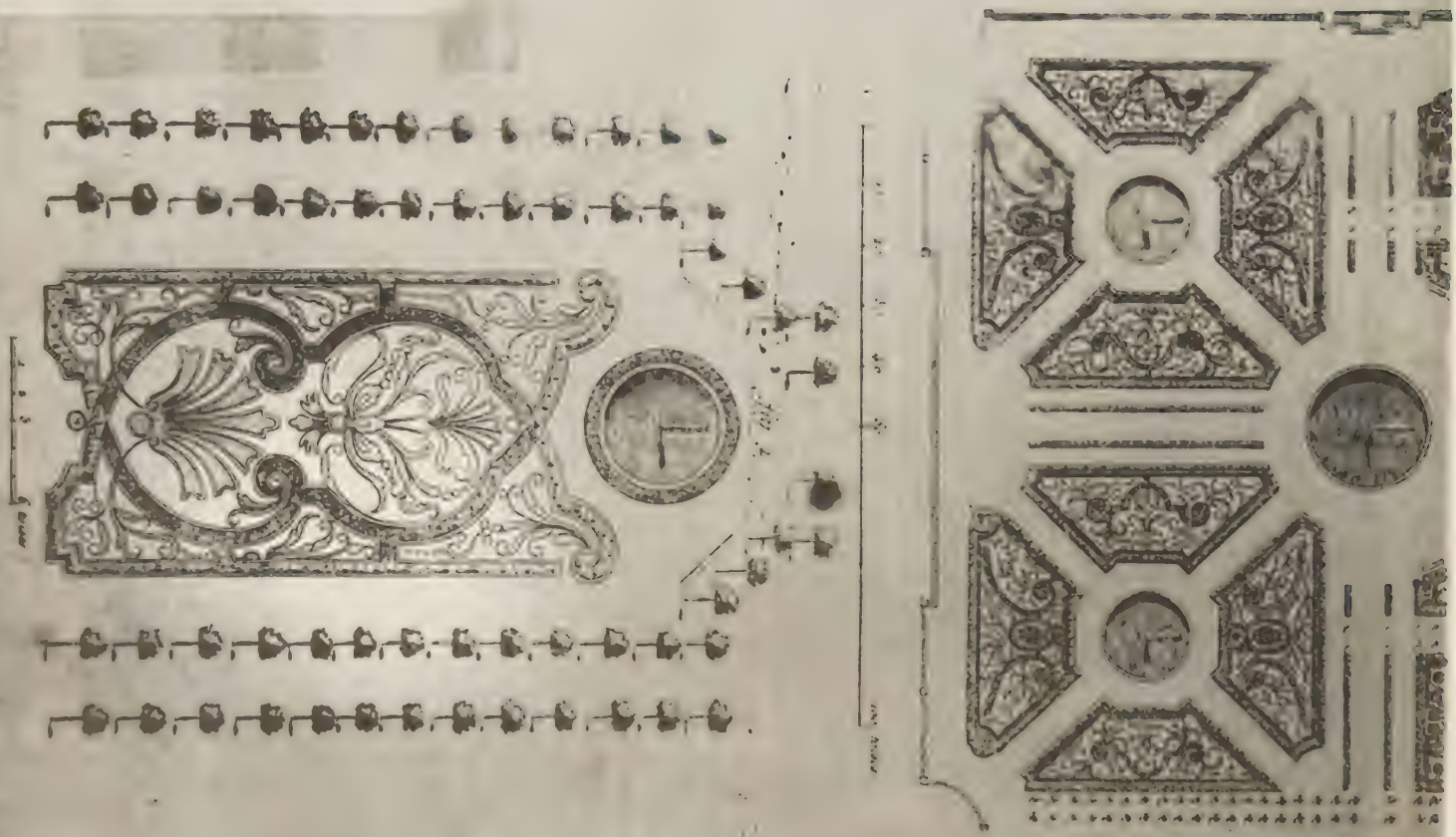
fig.88



Seringue, d'après MONGE, Soixante dix sept dessins, (1794), pl.71, portefeuille 383-2 CNAM, dessin de l'auteur.

fig.89

Dessin d'un jardin avec plans rabattus, l'Encyclopédie, (1751-1772), Art : Agriculture, jardinage, pl. IV.

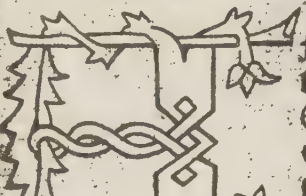


Agriculture Jardinage

Fig. 90

De perspectiua positiua: Cōpendiū.

Ca. i.



Ad fundamētis edificatum iri. Mox sensim extruendū corpus et tectum imponendū. Etenī (quod philosophicis speculationib⁹ perspectū est) omnes res videntur tanq̄ per lineas ab oculo egredientes: scilicet per triangulū. Cuius basis ē res visa: eiusq3 diameter/ sup partes ipsius rei vise discurrit. Sed lux ab oculo non egreditur: verū ex lucis exterioris splendore in oculum cadēte/ fit reflexio/ quasi a speculo ignito: per quā forme rerū concipiūtur. Quarūquidem formarū designatiua expressio/ deriuat̄ a pūcto. Qui licet indiuiduus sit: euoluitur tamen/ et in lineam ac lineas explicatur. Ex quibus figure componūtur: per quas cum punctis et lineis huiusmodi/ via ad propositū aperitur.

Quant on veult edifier on commence aux fondemens: En apres/ on dresse ou bastist les murailles et corps de ledifice: Et consequemment/ on appose le toict et couuerture. Ainsi conuient faire en la presente matiere: Il fault premier auoir cognoissance des principes: Et iceulx entenduz/ soy appliquer a la maniere de proceder a besoigner. Et finablemēt se excercer a pourtraire & figurer artificialmēt les choses veues ou conceues. Quāt aux principes/ il est perspect & deduit par speculatiōs de philosophes/ que toutes choses sont veues cōme par lignes pcedēs de lueil/ Cestassauoir par le triāgle: duquel la basse est la chose veue/ et son diametre discourt/ par la motion de lueil/ sur les parties dicelle chose veue: Toutesfoiz lumiere ne ist pas de lueil: mais la clarte exteriore cheāt en icellui/ reflecte/ comme dun miroir ardent: par quelle reflection les formes des choses sont conceues et apprehendees. Desquelles/ formes/ la designatiue et figuratiue expression/ est deriuee du point: lequel (combien que soit indiuidu) est euolue en ligne et en lignes: dont figures sont composees/ par lesquelles/ auec poits/ et telles lignes/ la voye au propos est ouuerte.

Ca. ii.

Punctus principalis in perspectiua/ debet ad normā oculi constitui: qui pūctus/ dicitur fixus vel subiect⁹. Deinde linea produci ad vtramq3 partem: et in ea duo alia puncta/ equedistancia a subiecto signari: propiora in presenti/ et remotiora in distanti visu: que dicūtur tercia puncta. Possunt etiam fieri in ipsa linea alia puncta: vbi appa-

A. ii.

Premières notions de perspective, J. PELERIN, Artificiali perspectiva, (1505).

fig. 9

neis presertim/ perspectiue proposite summa cõducitur. Simplex regula/ lineis radialibus & obliquis apta est: Circini/ suis officiis conuniunt: Cetera discretioni.

Exposition sur la table precedente.

¶ A plus facile praticque & conception de cest art/ Qui vouldra faire vne table quarree legiere & plaine/ en la maniere de la cy faite/ toutesfois plus large/ Mais encor plus longue a dextre et a senestre: sur laquelle adapte auec cire tenace fuelle ou il vouldra besoigner: Il pourra expeditement pourtraire par la regle esquarre cy figuree/ toutes les lignes droites et perpendiculaires. Desquelles lignes/ asserra premieremẽt les deux principales: assauoir la ligne terre/ et la ligne piramidale: Esquelles constituera les pointz congruz a chacune: Cest assauoir en la piramidale/ le point subiect/ auec ses tiers poitz/ ou lun diceulx: Et en la ligne terre/ les points partiz/ quants seront oportuns au pauement/ ou eumz conceu. Par ces deux lignes principalment/ la somme de la perspectiue proposee est cõduyte. La simple regle/ sert aux lignes radiales & obliques: Les cõpas/ sont cõuenables a leurs offices: Le sourplus ala discretion.

¶ Nota/ q̃ Sectio ẽ vbi linea lineã ptrãsit. Figura oualis oblõga est instar oui. Lẽticularis magis appropiquat spherali: nõ est tñ rotũda.

¶ Est a noter/ que Section est quãt vne ligne parpasse sur lautre. Figure oualle est oblõgue/ ala manire dun oeuf. Figure lẽticulatre aproche plus de la spherale toutesfoiz nest ronde.

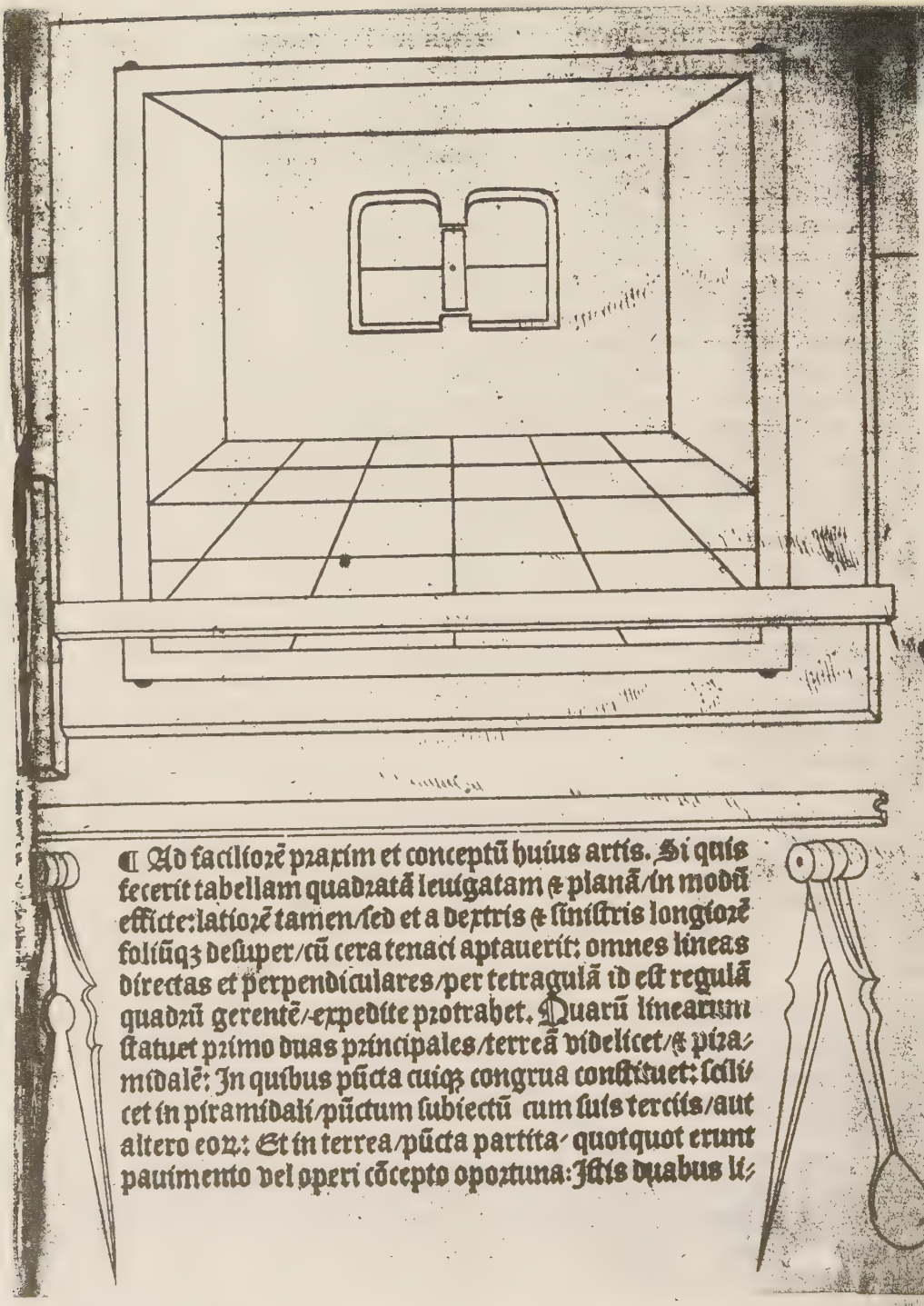
¶ Qui les principes entendra
Lesuure plainemẽt comprendra

Sequuntur figure exemplares/ incipientes a varietate pauimentorum: quorũ quadratum/ superius positũ/ ca. ix° figura prima principale est. Deinde figurãtur edificia/ super plateas formas singulis aptas/ et secundum ea que premissa sunt erecta: vt patebit.

¶ Cy apres ensuiuent les figures exemplares cõmencans ala variete des pauimens: desquelz le quarre deuãt mis/ sur la premiere figure du ix° chapitre: est le principal. Apres sont figurez les edifices erigez et drellez sur les plates formes/ cõuenables a chũn/ et selon les choses dessusd: cõmeil apperra.

Premières notions de perspective, (suite), J. PELERIN, (1505).

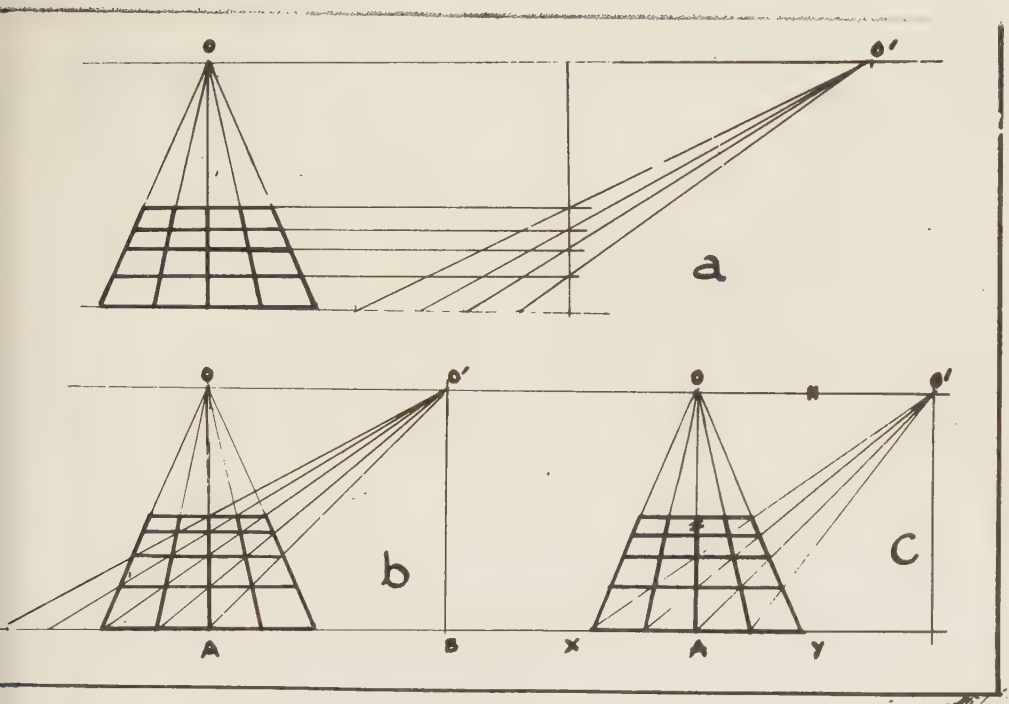
fig.92



¶ Ad facilioꝛẽ praxim et conceptũ huius artis. Si quis fecerit tabellam quadratã leuigatam & planã/in modũ efficte: latioꝛẽ tamen/sed et a dextris & sinistris longioꝛẽ foliũq; desuper/cũ cera tenaci aptauerit: omnes lineas directas et perpendiculares/per tetragulã id est regulã quadrũ gerentẽ/expedite protrahet. Quarũ linearum statuet primo duas principales/terreã videlicet/& piramidalẽ: In quibus pũcta cuiq; congrua constituet: scilicet in piramidali/pũctum subiectũ cum suis terciis/aut altero eoꝛ: Et in terrea/pũcta partita/ quotquot erunt pauimento vel operi cõcepto opoꝛtuna: Iktis duabus li-

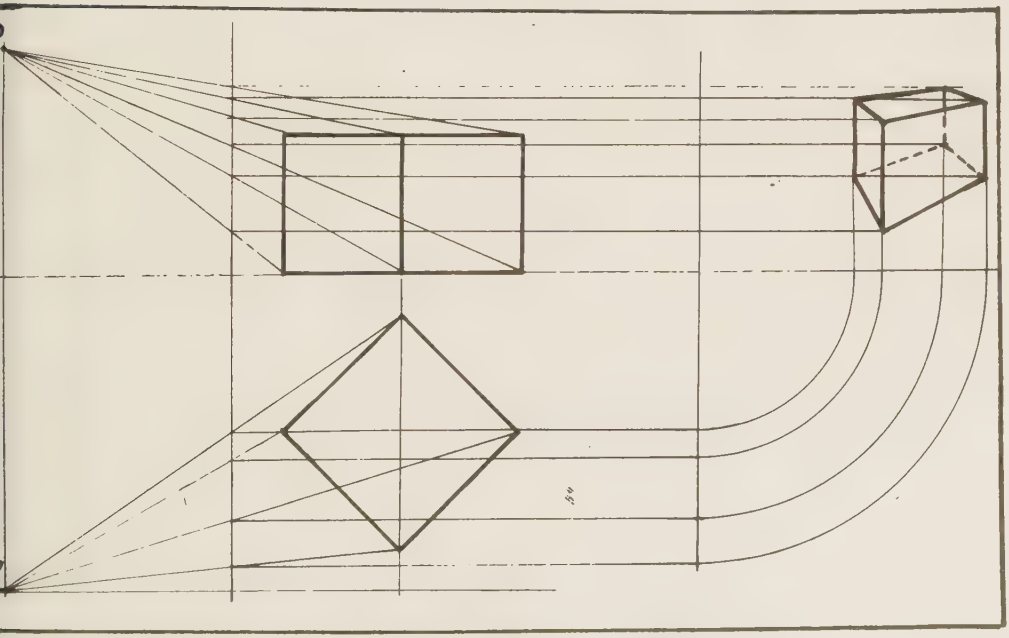
Pratique de la perspective artificielle, J. PELERIN, Artificiali perspectiva, (1505), P. 12.

fig. 93



Perspective par la méthode des pavements,
a - d'après J. PELERIN, (1505),
b - d'après L. de VINCI, (1500),
c - construction légitime abrégée.

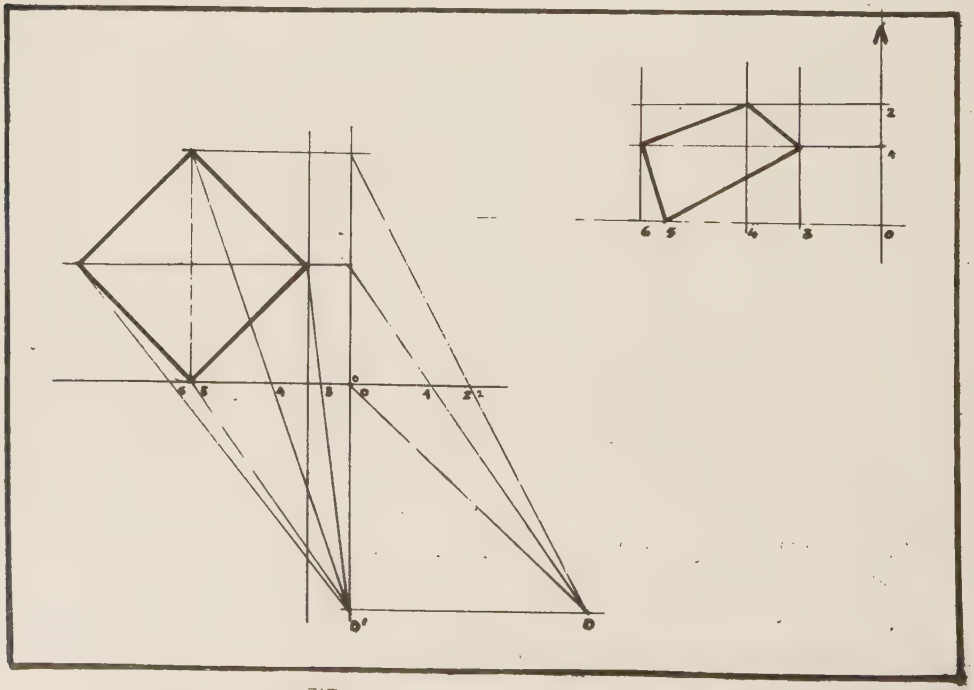
fig.94



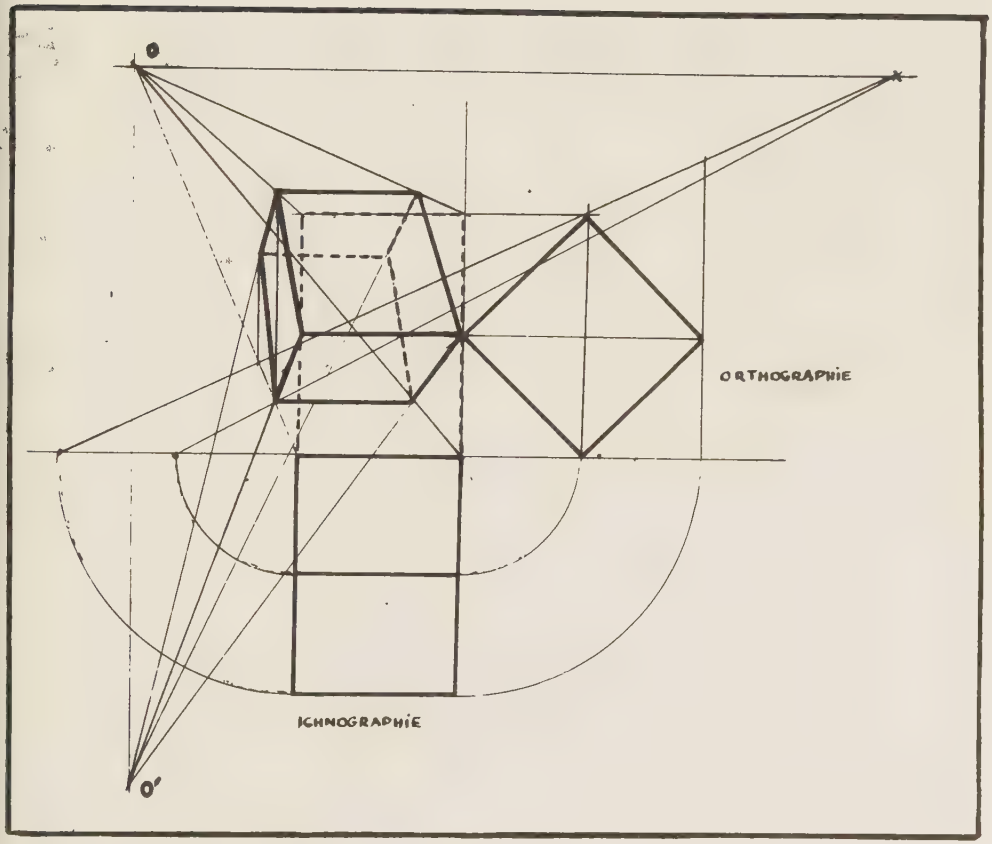
Construction légitime, d'après SERIGATTI, (1595).

fig.95

Construction légitime, (voie abrégée), A. DÜRER, (1525). Fig. 96

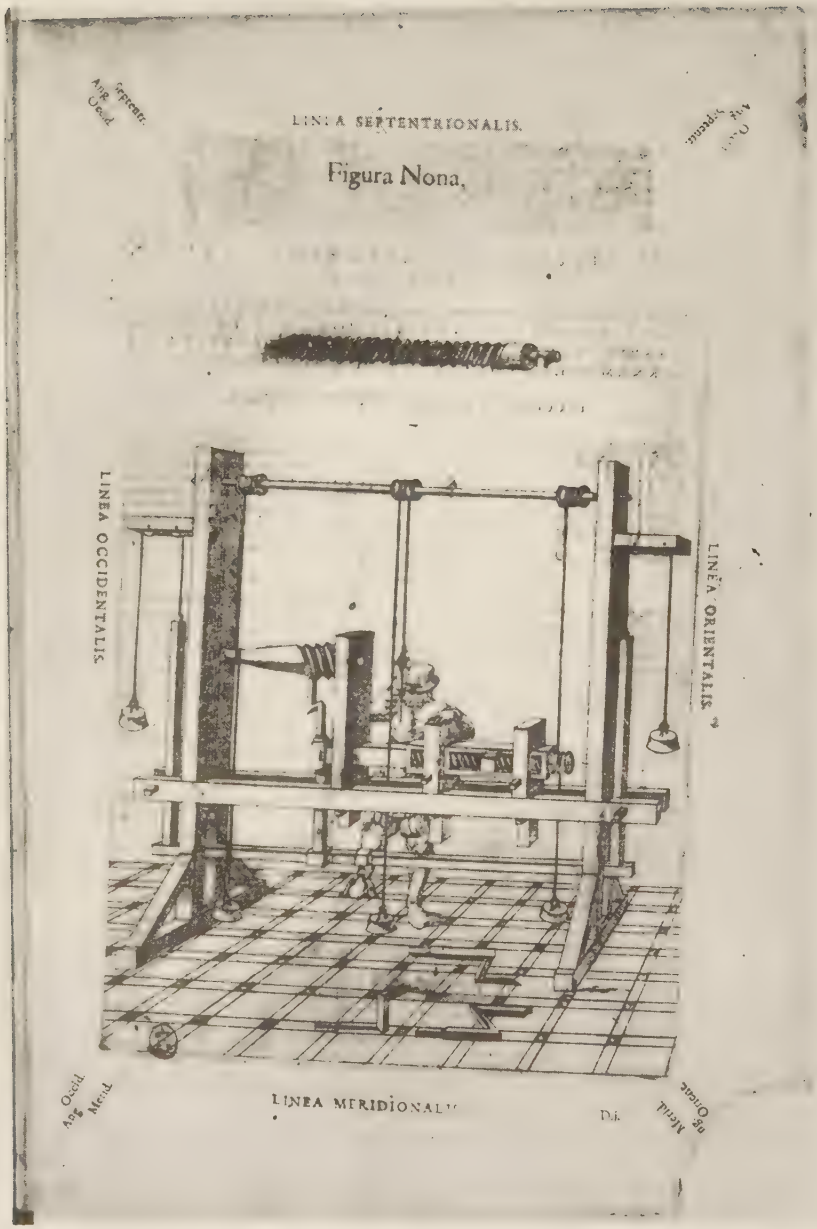


Projection et perspective, S. MAROLOIS, La perspective, (1629). Fig. 97



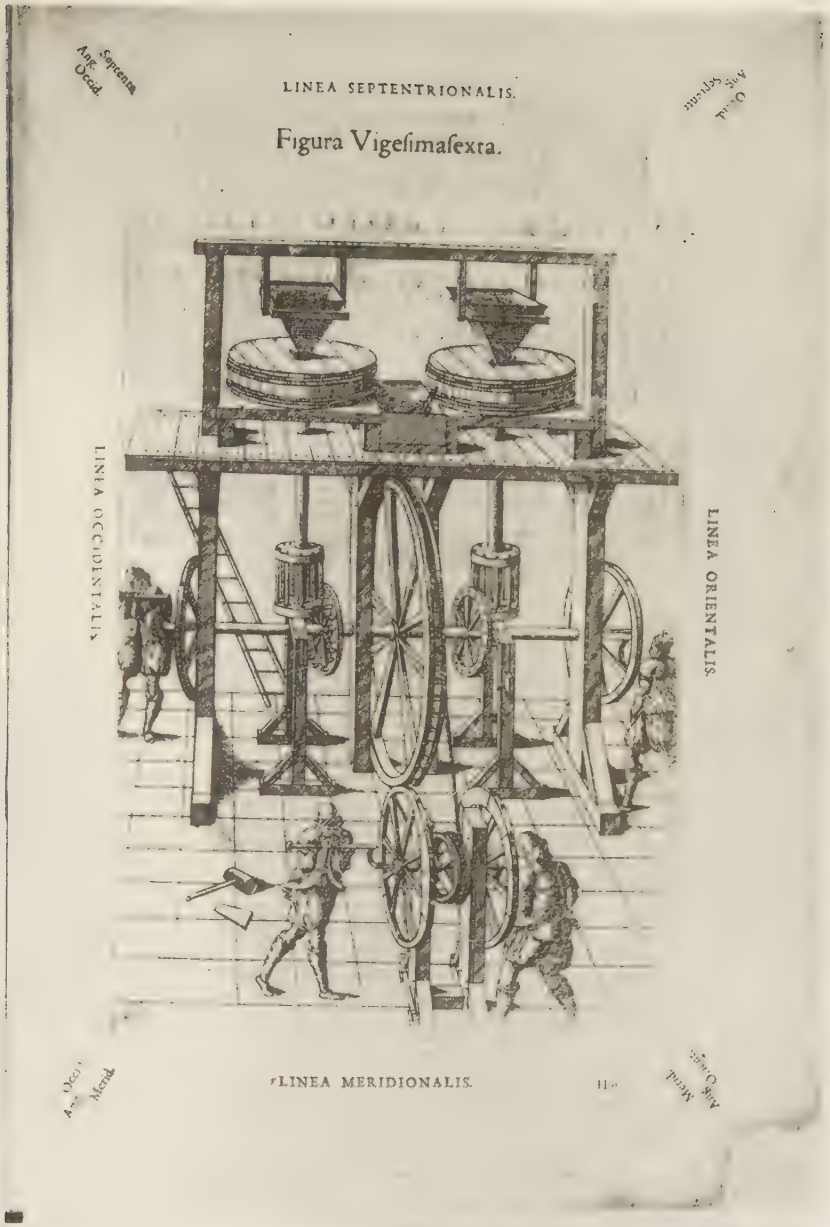
Construction d'une perspective à partir d'une orthographie et d'une ichnographie, S. MAROLOIS, La perspective, (1629).

fig. 98



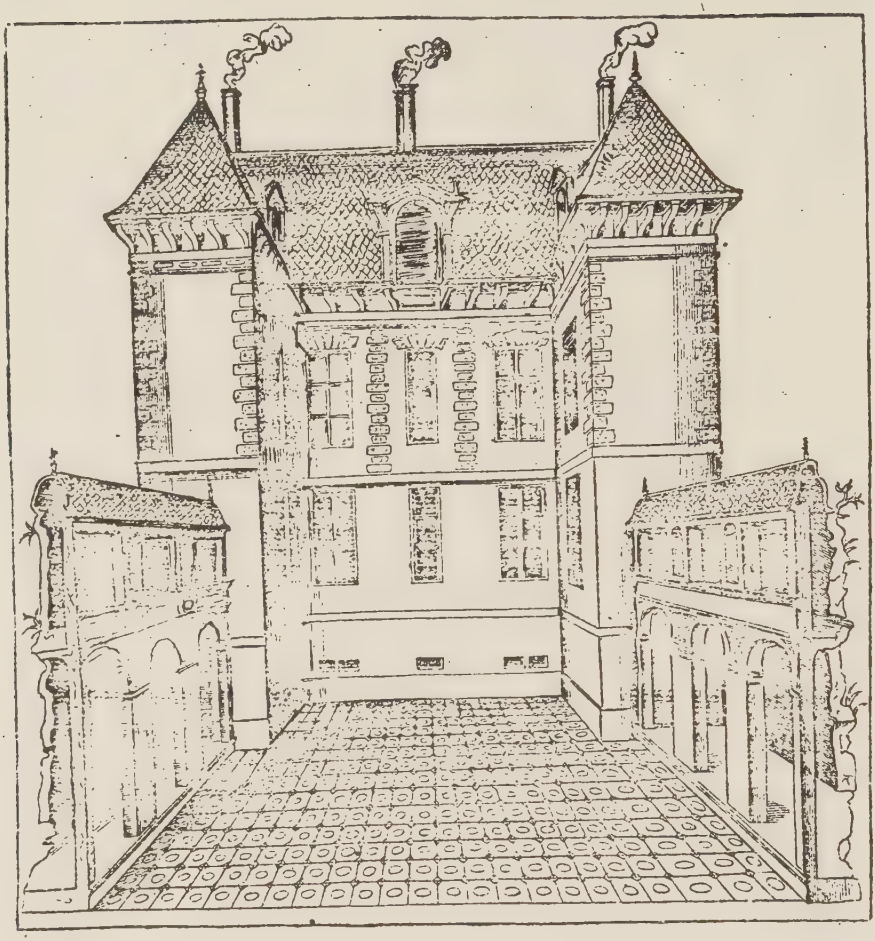
Perspective "aux pavements", tour à fileter, J. BESSON, Instumentorum et machinarum, (1582), pl. 9, photo B.N.

fig.99



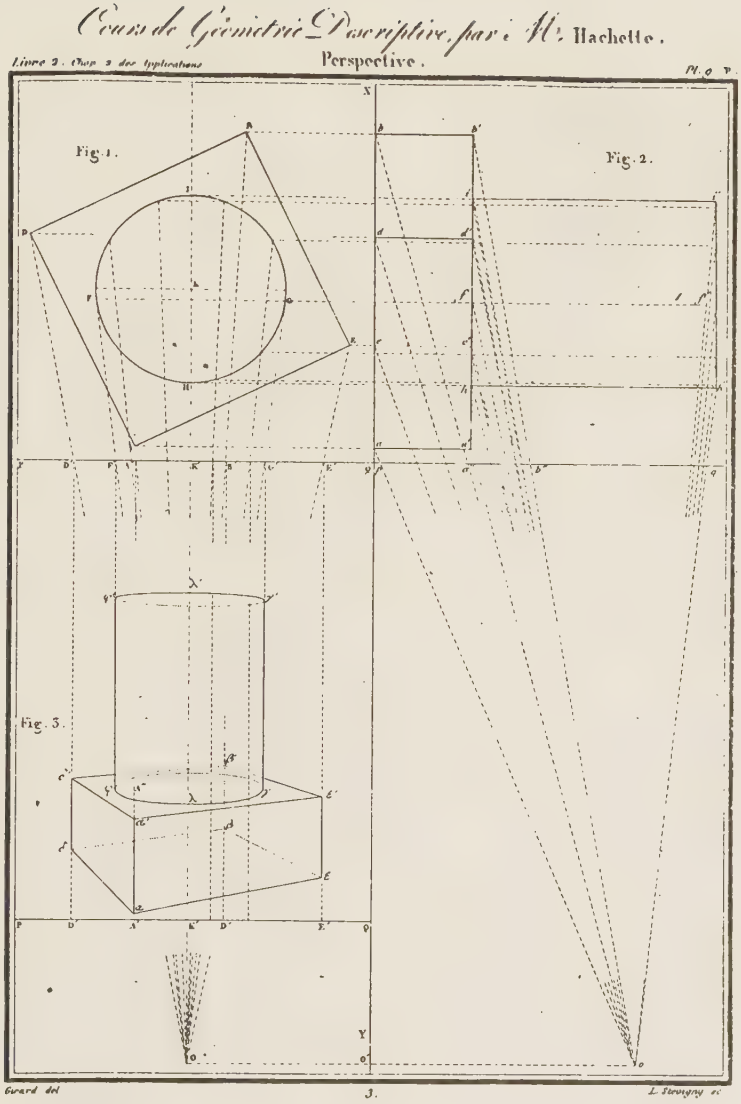
Perspective "aux pavements", moulin à grain, J. RESSON, Instrumentorum et machinarum, (1582), pl. 26, photo B.N.

Fig.100



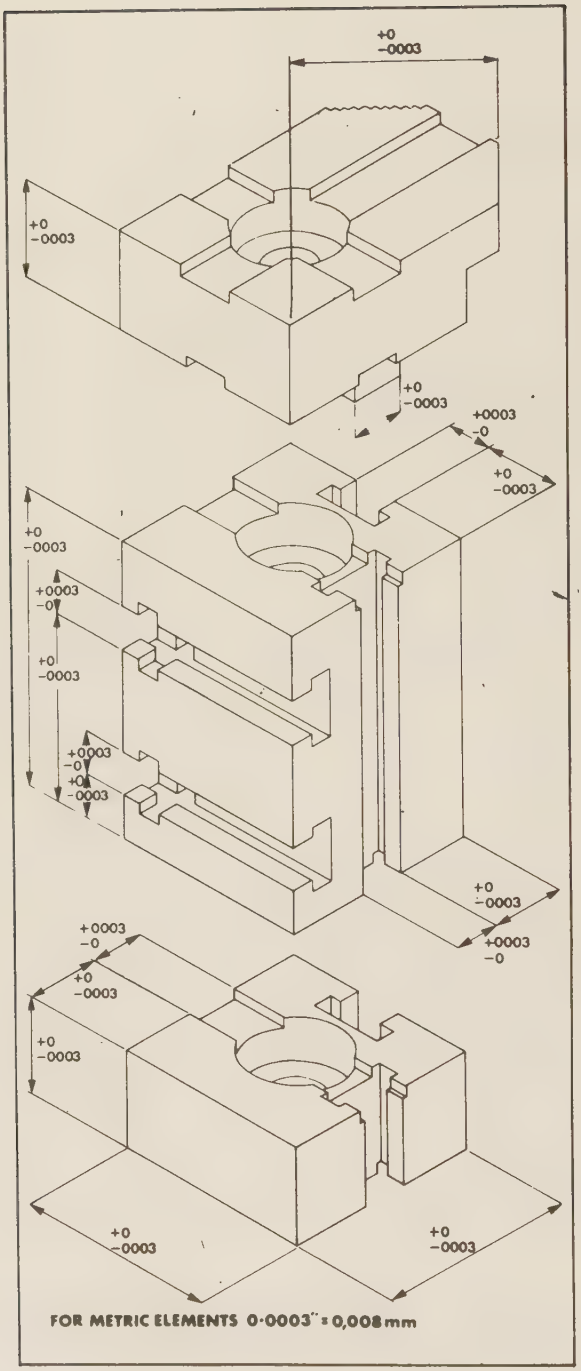
Perspective " aux pavements ", Ph. DELORME, de l'Architecture, (1561), livre VIII.

Fig.101



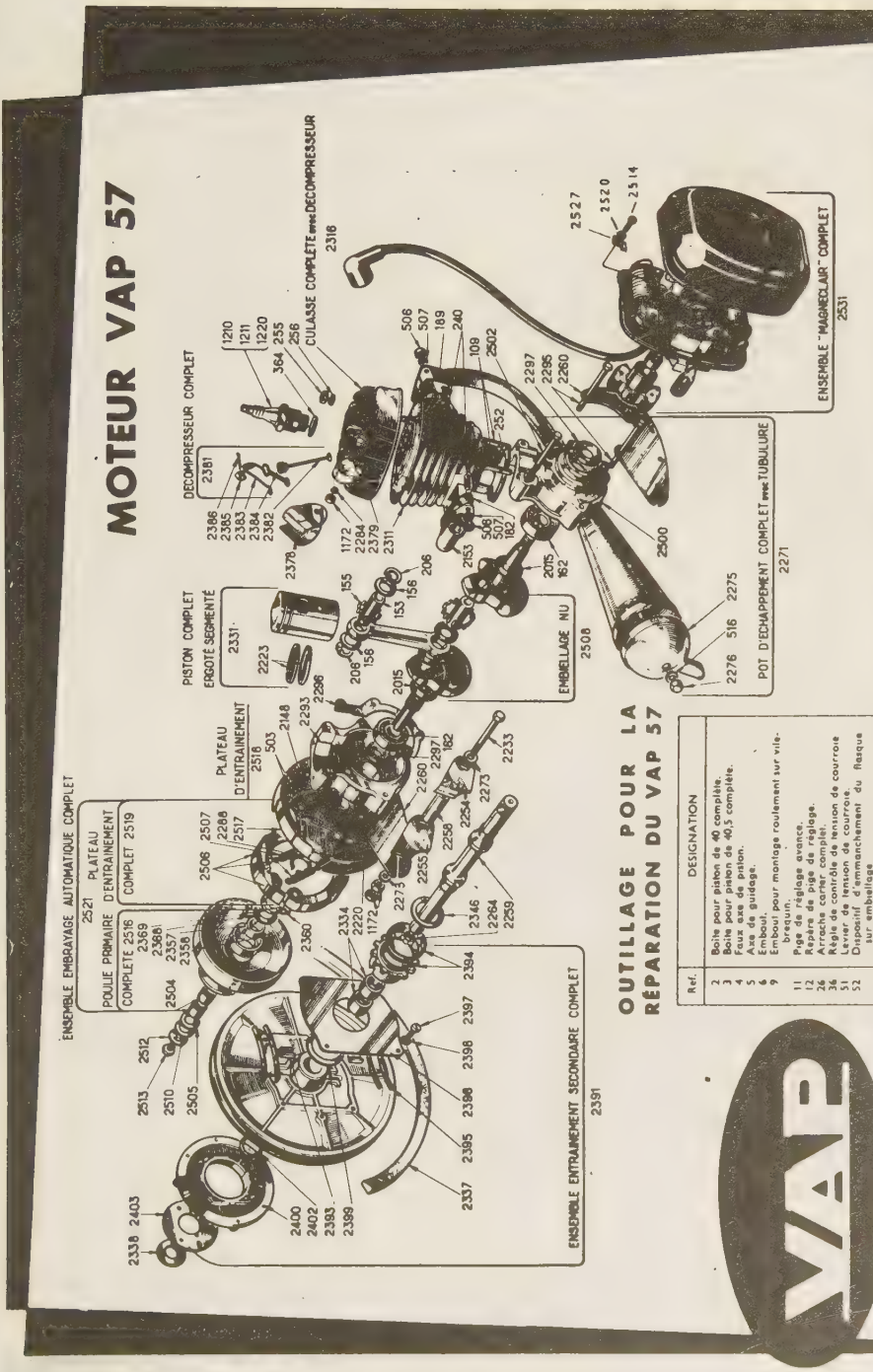
Mise en perspective, J.N.P. HACHETTE, coûrs de géomét. descript., (1810).

Fig.102



Perspectives isométriques,
Extrait du catalogue WHARTON,
(éléments de fixation),(1968)

fig.103

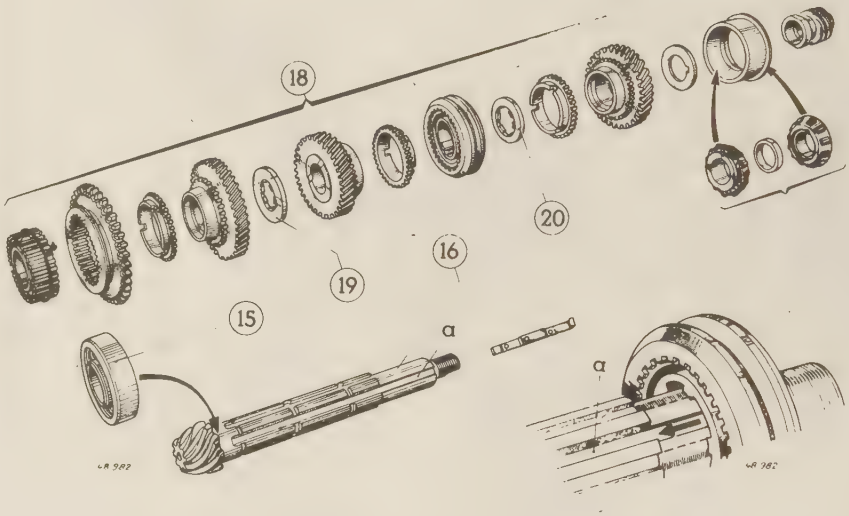


Dessin de catalogue, Moteur VAP 57.

Fig. 104

REMONTAGE DU MÉCANISME " BOITE-PONT "

(Suite)



Monter (à la presse) le roulement (**15**) sur l'arbre secondaire (**16**), puis enfiler sur l'arbre le moyeu de synchroniseur.

Disposer dans la boîte, dans l'ordre de la figure, les pignons (**18**) et rondelles d'arrêt (**19** et **20**) se montant sur l'arbre secondaire.

NOTA. — 1° Monter sur le pignon 1re, 2e, la fourchette de commande avant d'enfiler l'arbre (**16**).
2° La rondelle d'arrêt (**19**) a un diamètre supérieur à celui de la rondelle (**20**).

Enfiler l'arbre (**16**) successivement au travers des pignons (**Fig. 1**), **faire coïncider la partie sans cannelures du moyeu de synchro de 3e, 4e avec la rainure de clavetage de l'arbre** (**a**).

Faire coulisser les pignons de part et d'autre du logement de la rondelle d'arrêt du moyeu de synchro de 2e puis placer la rondelle (**Fig. 2**).

Faire coulisser le synchro de 3e, 4e pour placer la deuxième rondelle (**Fig. 3**).

Notice de remontage, extraite de la brochure : Caractéristiques, réglages et conseils pratiques pour la réparation, RENAULT, R. 1091, (1961).

Fig. 105

Photographie d'une pièce avec cotation, à rapprocher d'une perspective isométrique, (coll. de l'auteur, origine indéterminée), (s.d.).

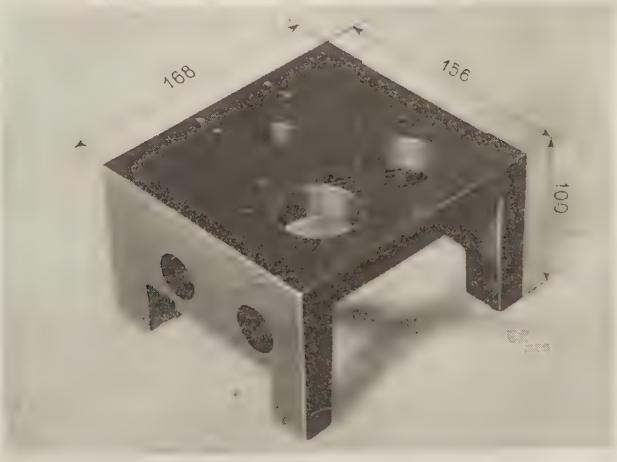
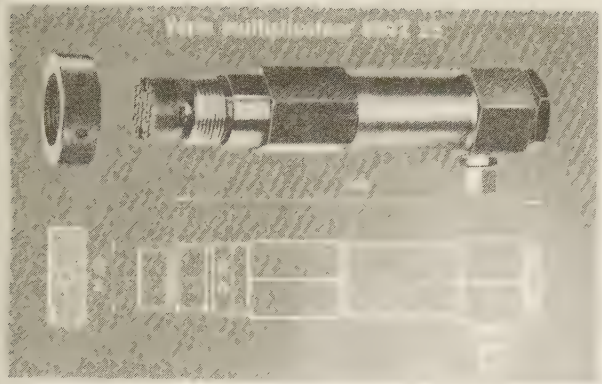


fig.106

Photographie d'un ensemble " éclaté ", GUILLARD-DAVRY, (Photos de mécaniques, Ed. de l'Olivier, série n° 22, pl. n° 114, (s.d.).

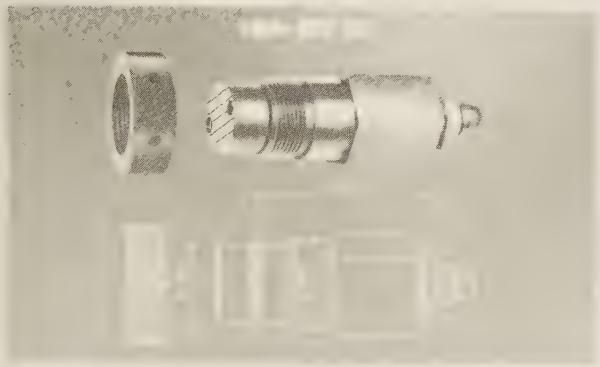
fig.107



Pression normale d'utilisation	100 kg/cm²
FORCE DE SERRAGE NORMALE	**2000 kg**
Course de travail maximum	16 mm
Poids	2,1 kg

Le vérin HUVZ 25 est lui-même doté d'un système multiplicateur incorporé.
Il peut s'utiliser seul, branché directement sur la circuit hydraulique BP de la machine-outil.

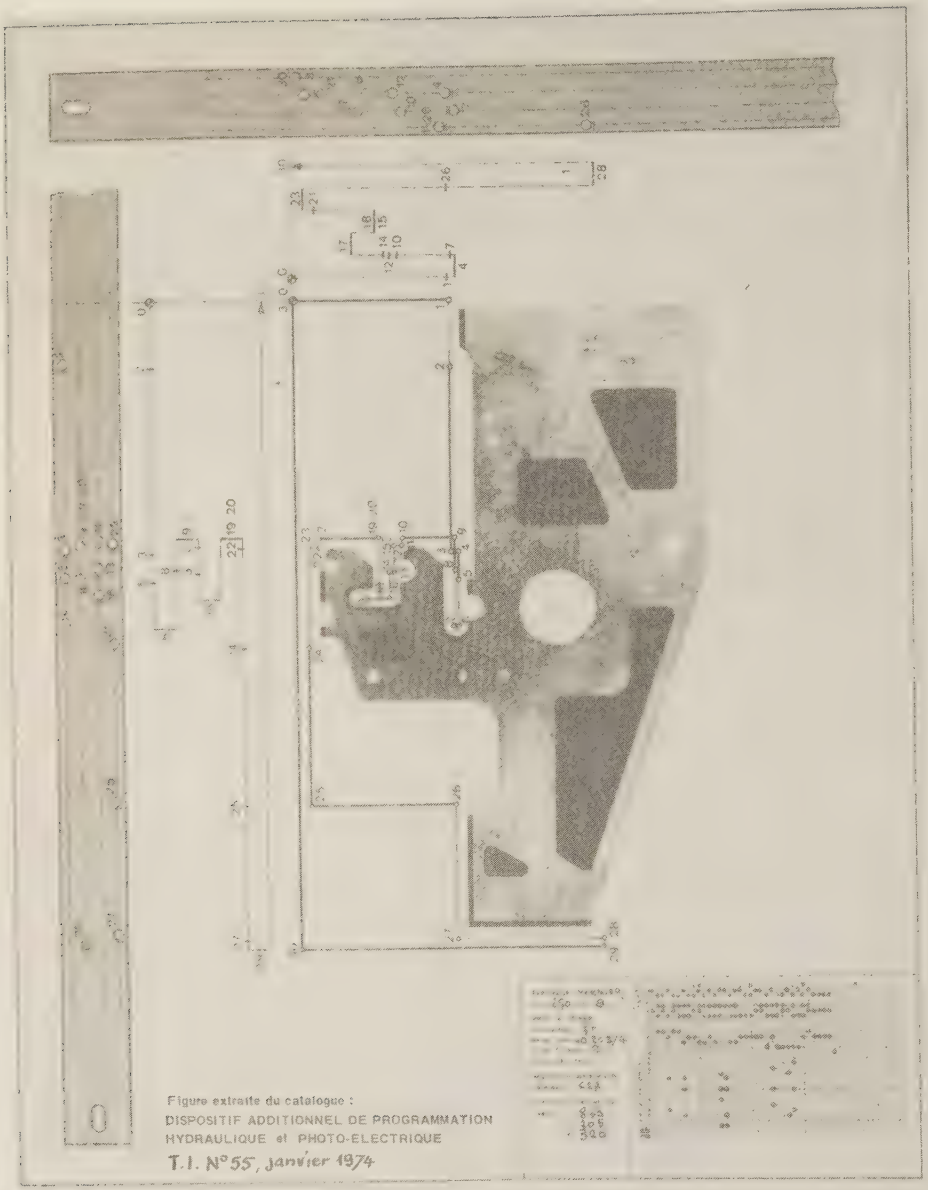
Rapport : Pression (kg/cm²)/Force de serrage (kg) : 20



Pression normale d'utilisation	[illegible]
FORCE DE SERRAGE NORMALE	1200 kg
Course de travail maximum	16 mm
Poids	1,6 kg

Rapport : Pression (kg/cm²)/Force de serrage (kg) : 8

fig.108



Utilisation de la photographie en dessin, Techniques industrielles, n° 55, (1974).

Fig. 109

CARACTÉRISTIQUES	FV-3-S	FV-3	FV-300
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]

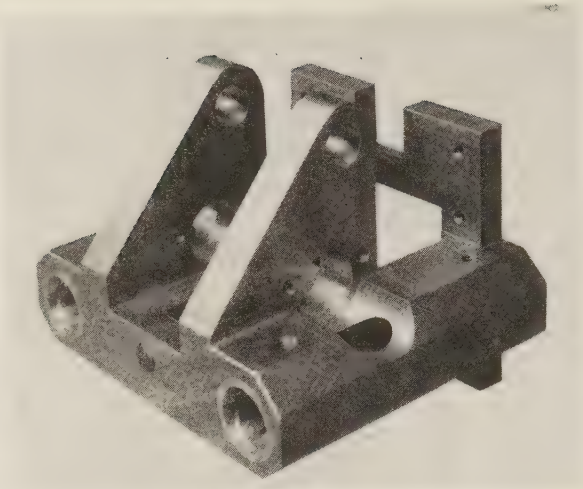
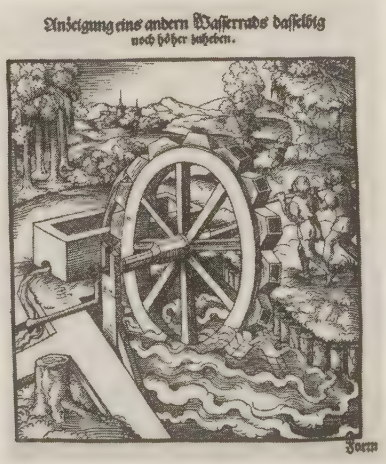


Fig. 111

Lunette (doc. de l'auteur, origine inconnue)

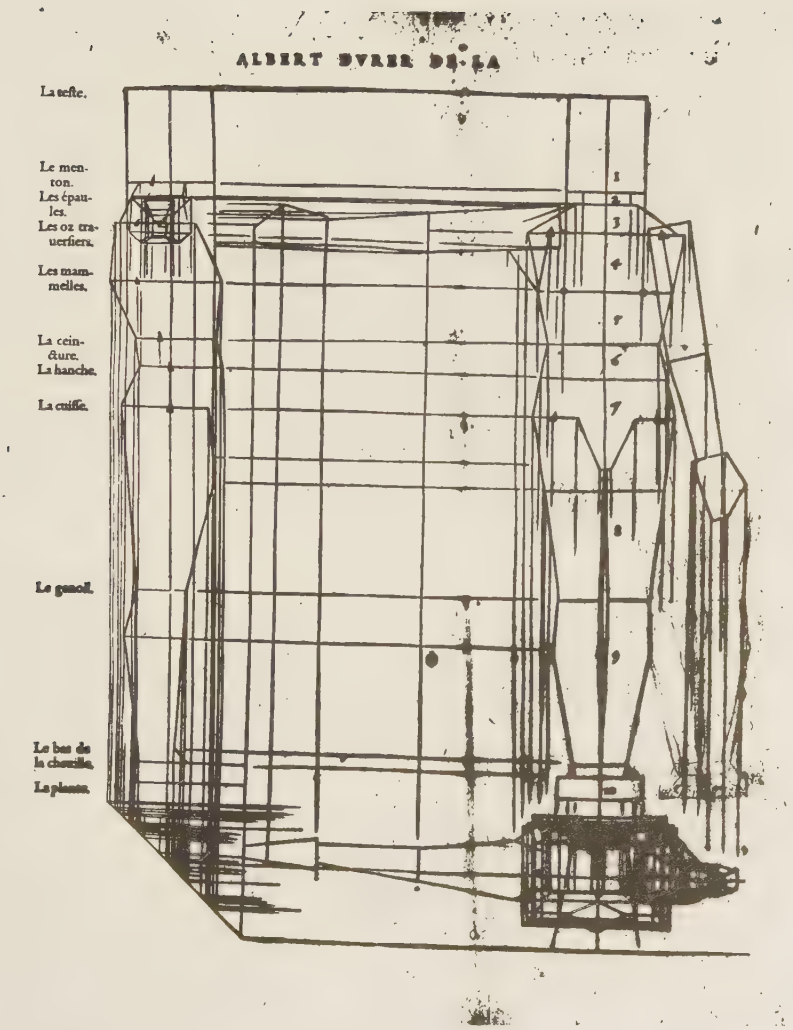
Accouplement SCHMIDT-FU de 500 mkg, notice 169-11, (1970), doc. F.U.

Fig. 112



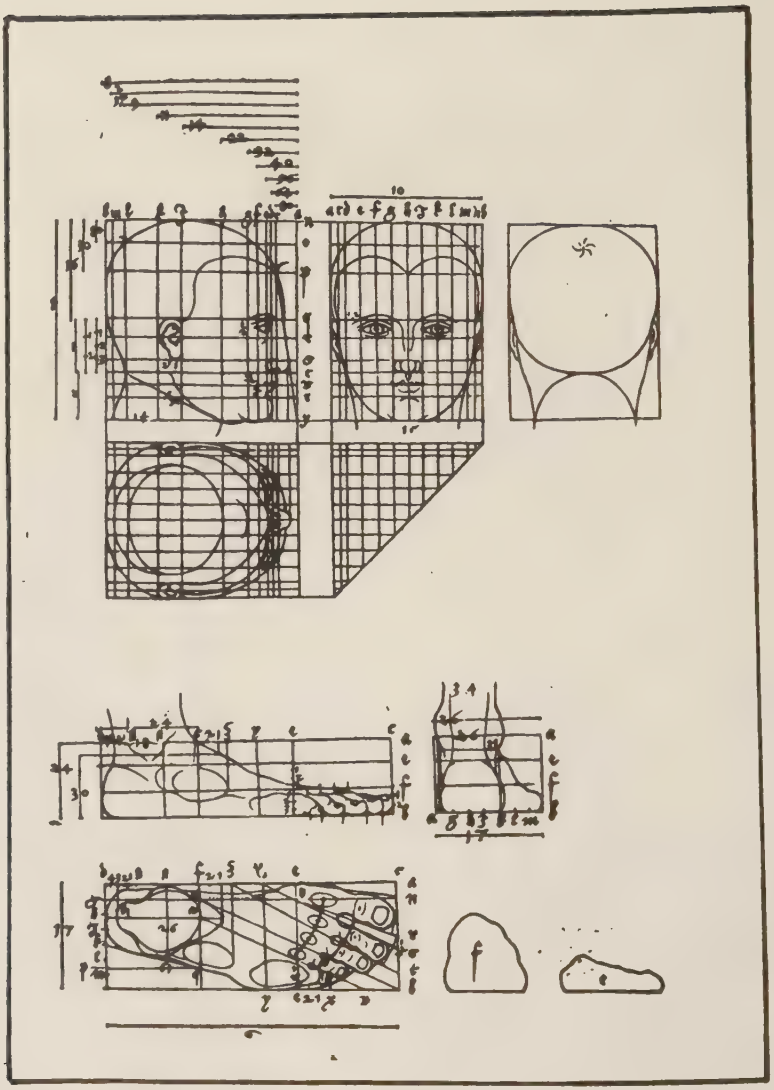
Elévateur d'eau avec manivelle à main, (1548), doc. D.M. Münich n°10869.

Fig. 113



Les proportions du corps humain, A. DURER, traité, (1557), photo B.N.

fig. 114



Méthode de représentation, A. DÜRER, traité , (1525), d'après BOOKER.

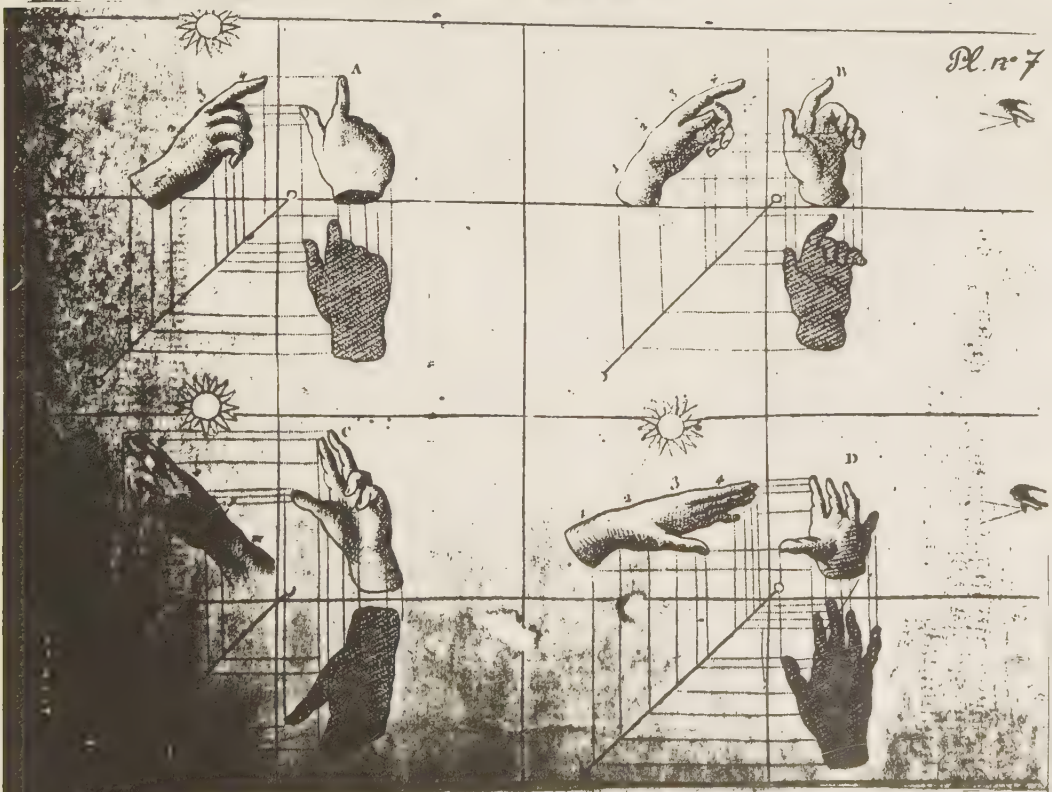
Fig. 115

Proportion et mesure des mains, vues par le dedans, le dehors et par le côté.

[illegible] hauteur trois mesures de nez ; divisez-la en trois carrés égaux marqués 1, 2, 3, vous en ajoutez [illegible] nez ; posez la pointe du compas à l'angle du carré où le poignet joint le pouce, et l'ouvrez jusqu'au [illegible] d'où vous marquerez une portion de cercle qui nous donnera la première jointure des doigts ; [illegible] du troisième carré en deux parties égales, ajoutez-y une troisième égale, marquée A, dont vous [illegible] perpendiculaire, et à la section qu'elle fera avec la ligne supérieure du même carré, vous marquerez la [illegible] du pouce, puis, du même point A, tirez une ligne jusqu'à l'angle supérieur du premier carré B, [illegible] un triangle ponctué dans lequel sera placé le premier doigt ; sa longueur s'étend jusqu'à la moitié de [illegible] de la troisième phalange du doigt du milieu ; le troisième doigt au tiers ; le petit doigt, jusqu'à la jointure [illegible] troisième doigt, et le pouce à la deuxième jointure du premier doigt ; à la main de profil, le poignet ne [illegible] trois quarts de celui de face, comme il est désigné sur le plan géométral B.

Des mesures raccourcies.

Pour dessiner une main raccourcie, faites une main de profil, en disposant les doigts de la manière que vous le jugerez convenable à l'aspect sous lequel vous avez dessein de la représenter, mais toujours suivant les proportions ci-dessus ; puis, pour en avoir le plan, formez un trait et carré, et copiez l'angle inférieur du côté droit, qui est sous la main de profil, d'une ligne diagonale qui le sépare en deux angles égaux ; ensuite, de toutes les jointures et extrémités de la main, tirez deux lignes perpendiculaires dessus jusqu'à ladite ligne diagonale marquée aux deux bouts d'un O, des sections desquelles vous tirerez des lignes horizontales parallèles, lesquelles vous donneront, en vous servant pour les largeurs des mains vues de front, le plan de la main que vous voulez dessiner : après, élevez de ce plan des lignes perpendiculaires, pour avoir des largeurs de la main raccourcie, et tirez des lignes horizontales parallèles des extrémités et jointures du profil, aux intersections desquelles vous avez la mesure raccourcie, comme vous voyez aux figures marquées A, B, C, D, qui se font par la même méthode.

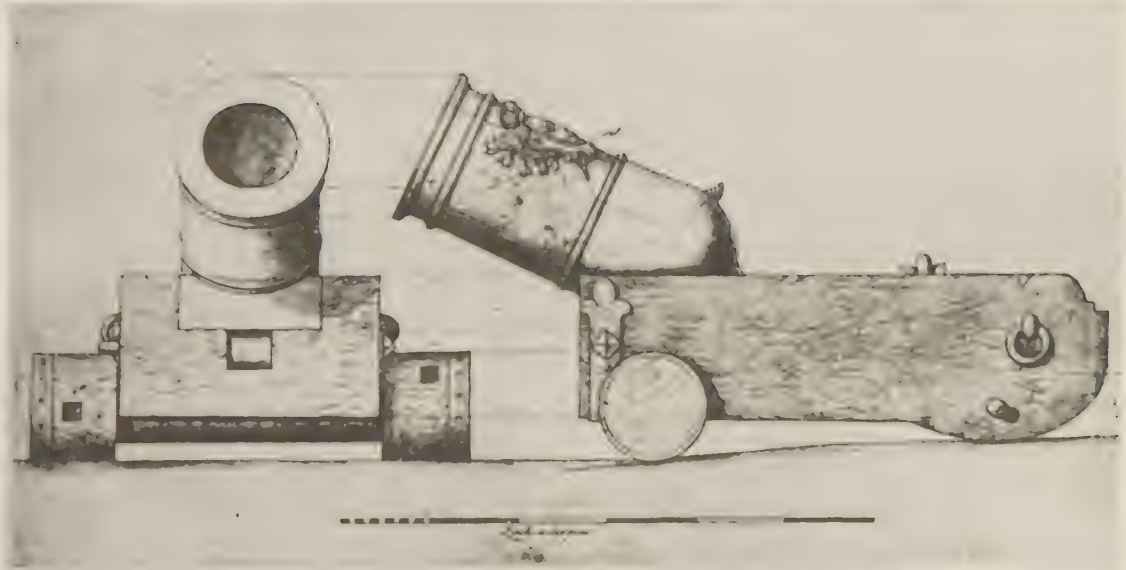


[illegible] de la Bibliothèque de Marie, J., [illegible], Détart du dessin, (R.F.). fig. 116

Portal de St Germain à Paris du dessein du St de Prosse

fig. 117

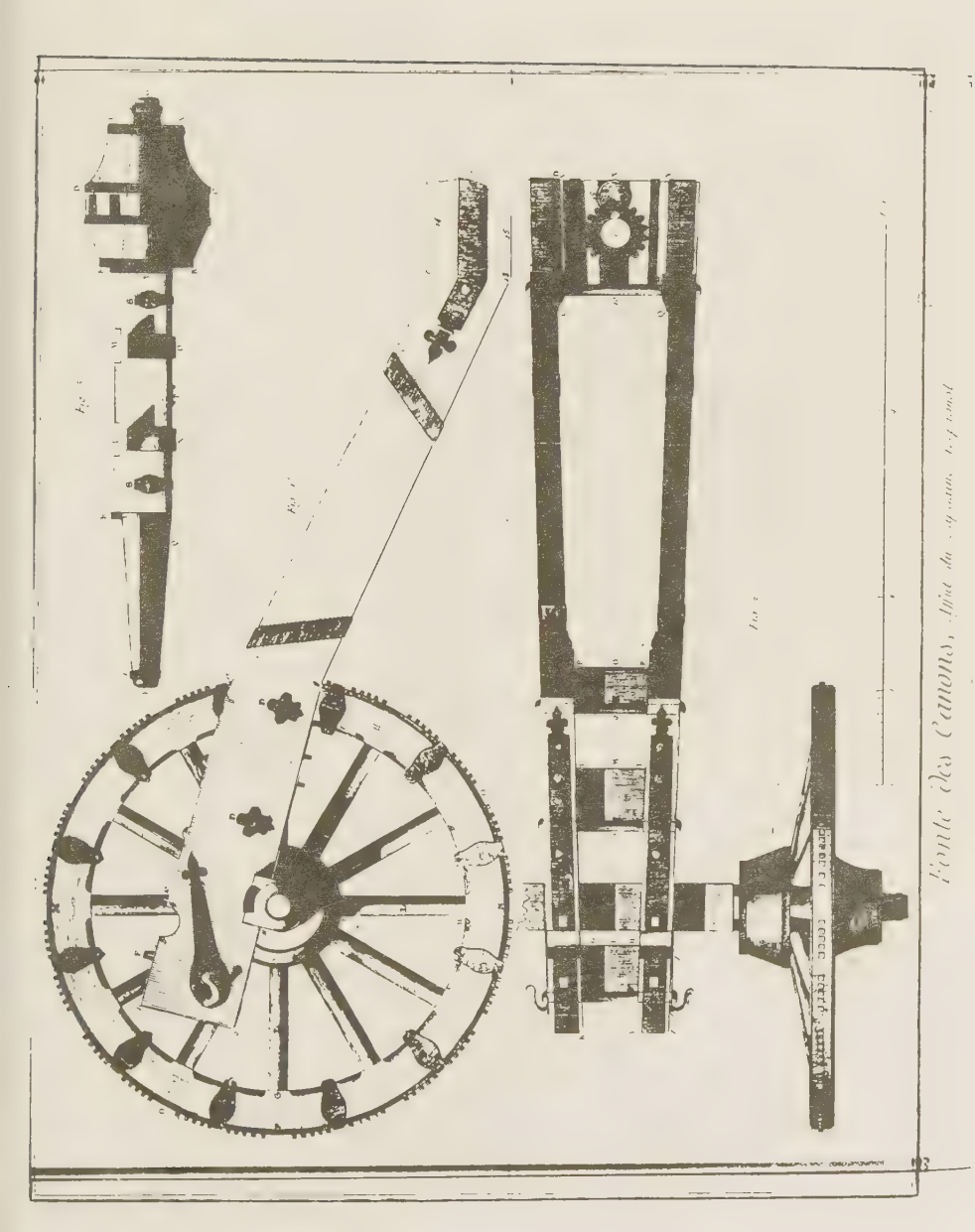
Elévation, profil et plan,
MAROT, (Père et fils),
Grand Marot, (1650).



Mortier du chevalier de Ressons, en usage sur les galiottes à bombes (1680).

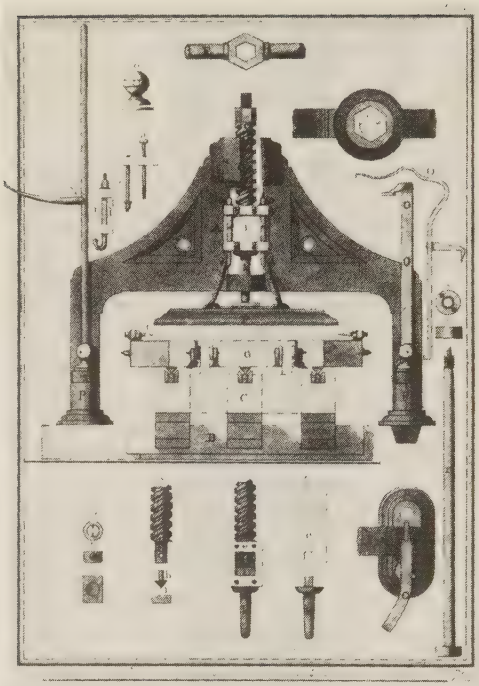
Mortier du Chevalier de RESSONS en usage sur les galiottes à bombes,
(1680), d'après Hist. de la Marine.

Fig.118



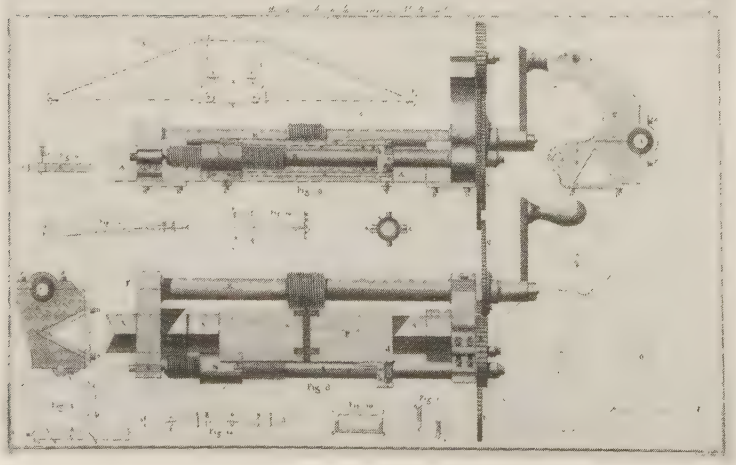
Elévation et plan d'un affût de canon, l'Encyclopédie, (1751-1772), Art.: fonte des canons, pl. XXII.

fig. 119



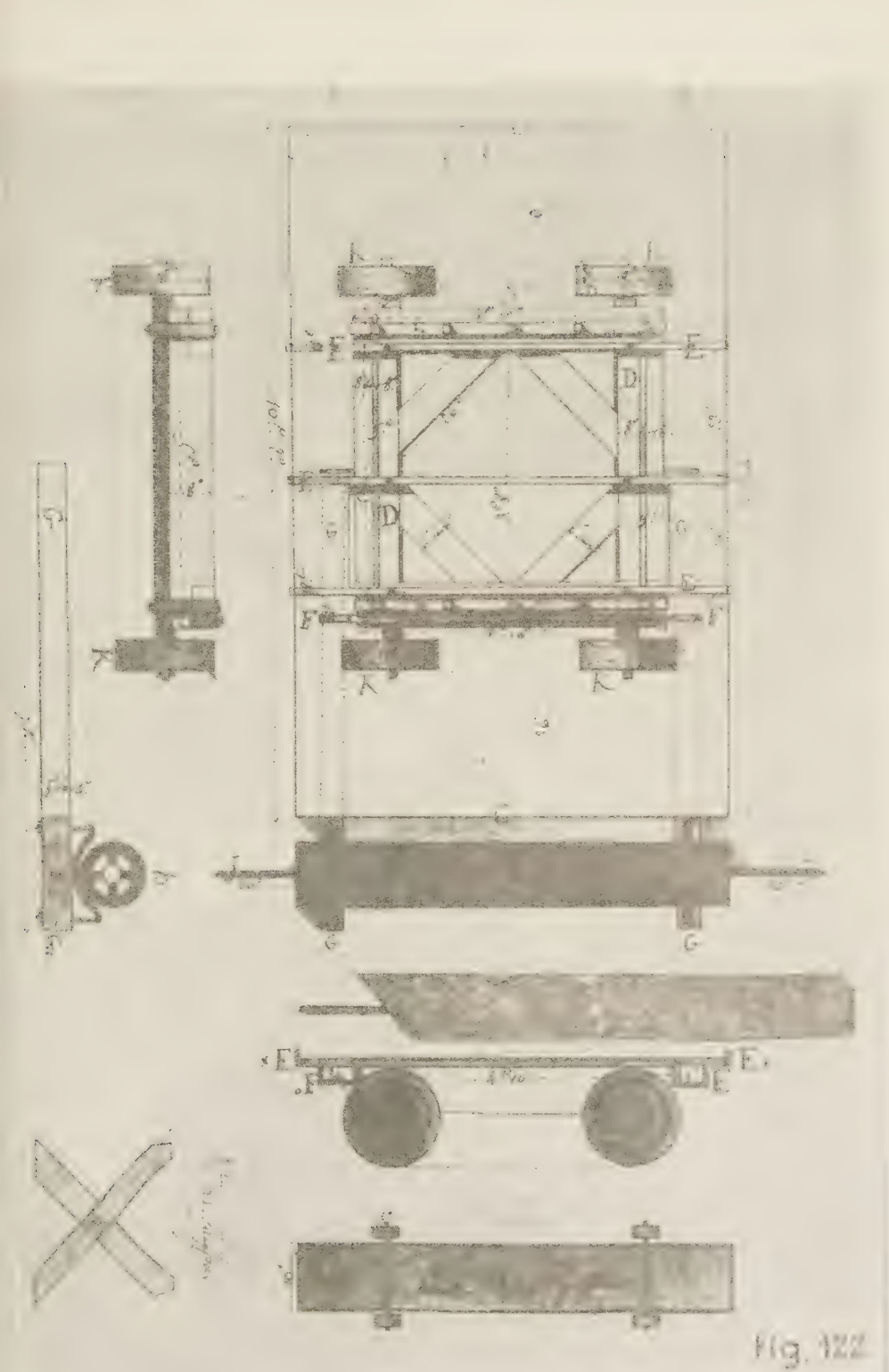
Presse d'imprimerie W. HAAS, Bâle, (1772)
Document de l'auteur

fig.120

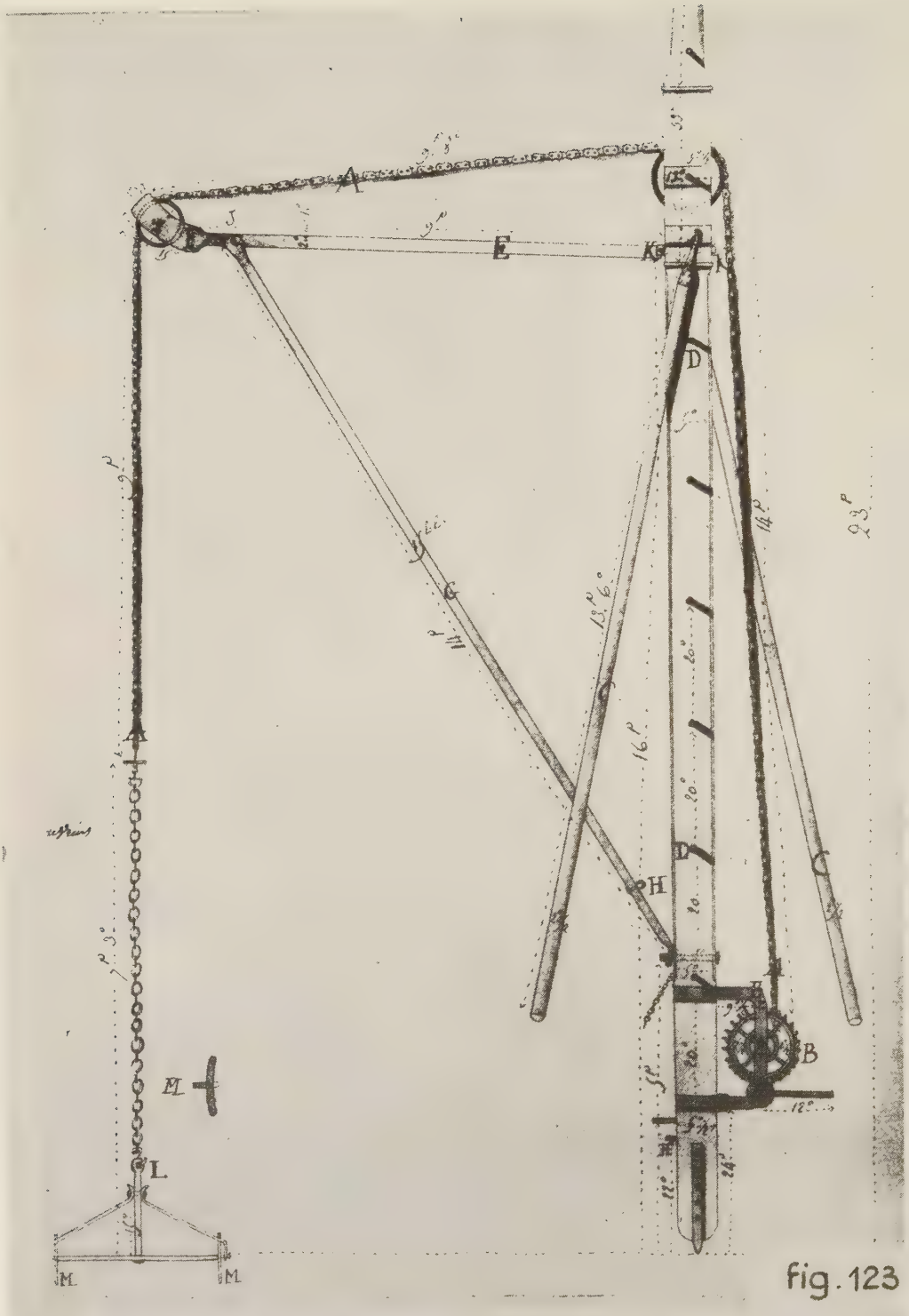


Tour à vis de RAMSDEN (1777) D.M. n° 31876

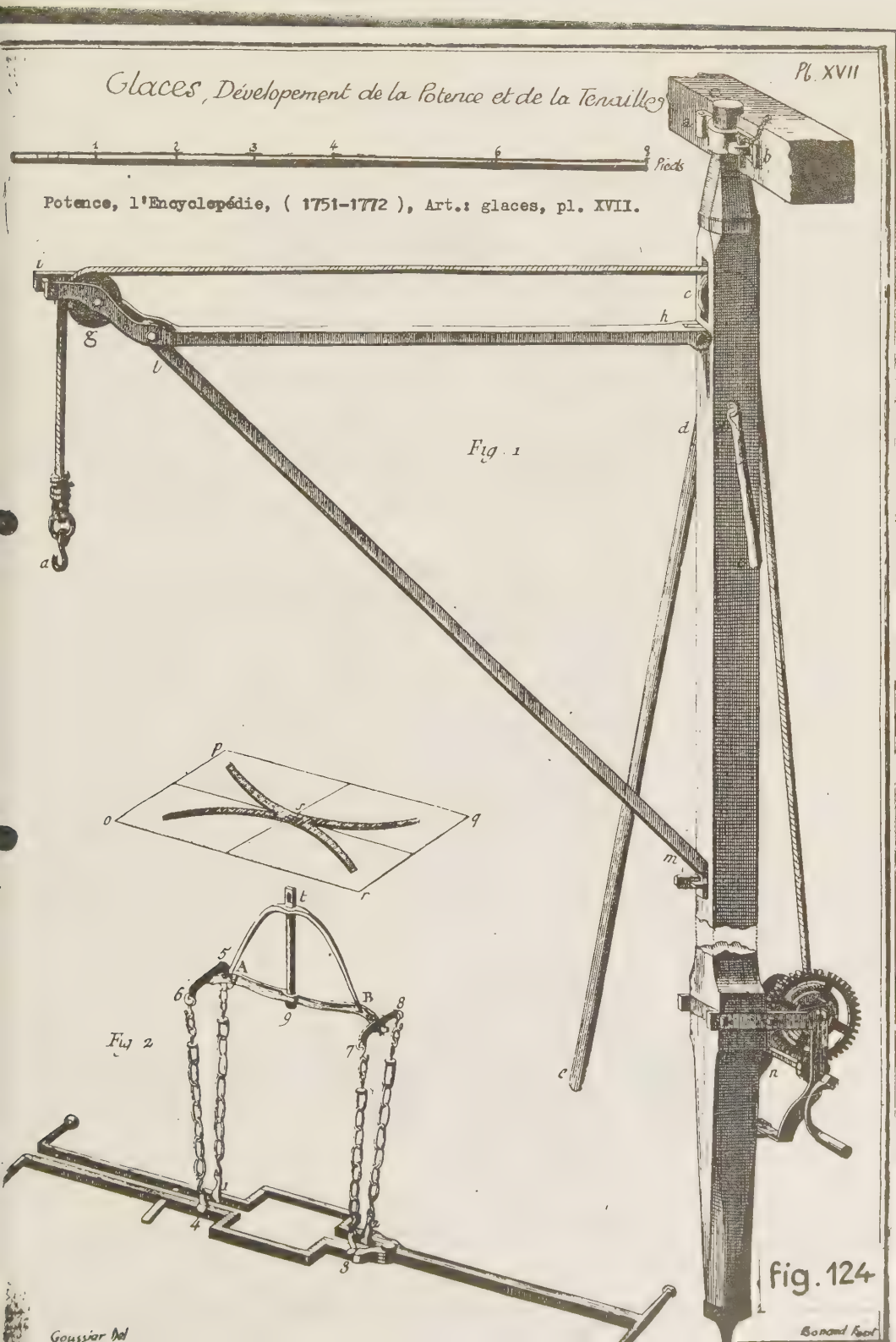
fig.121



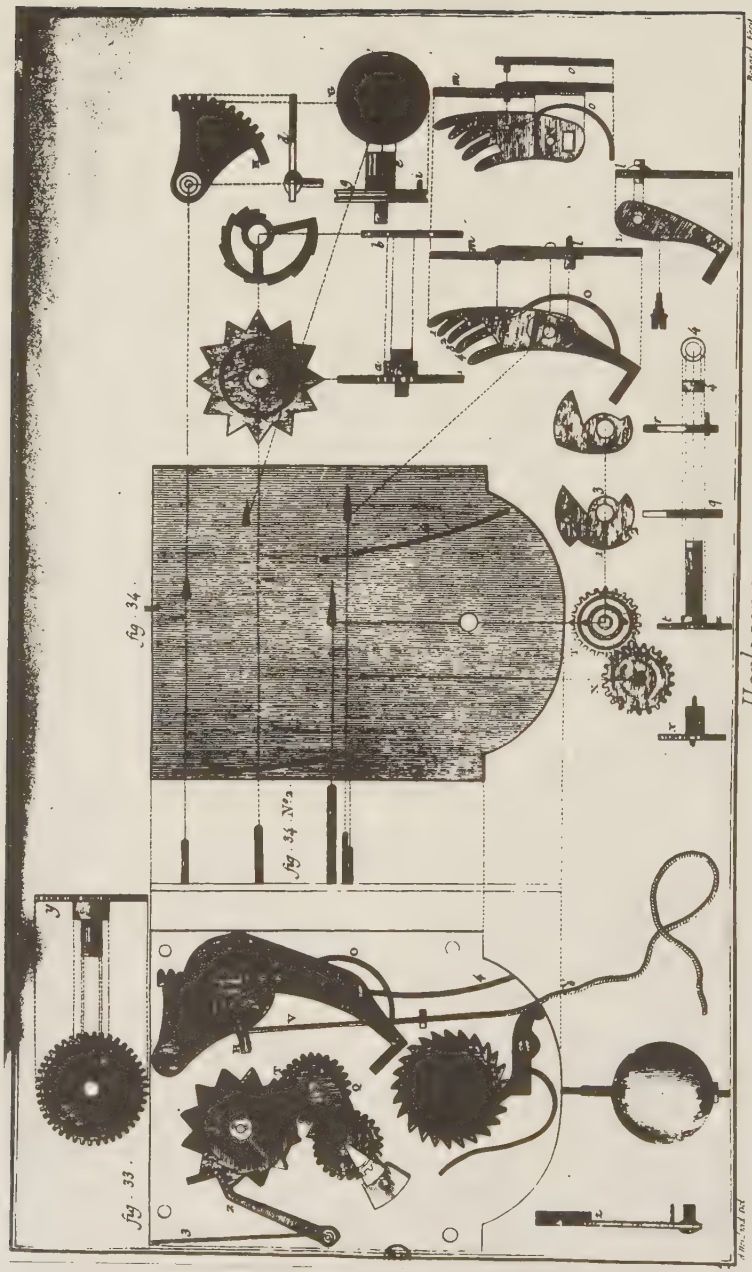
Dessin coté d'une table pour couler les glaces, SAIN COBIN, (1800



Potence, dessin de la collection SAINT GOBAIN, (1800 ?), cahier n°27.

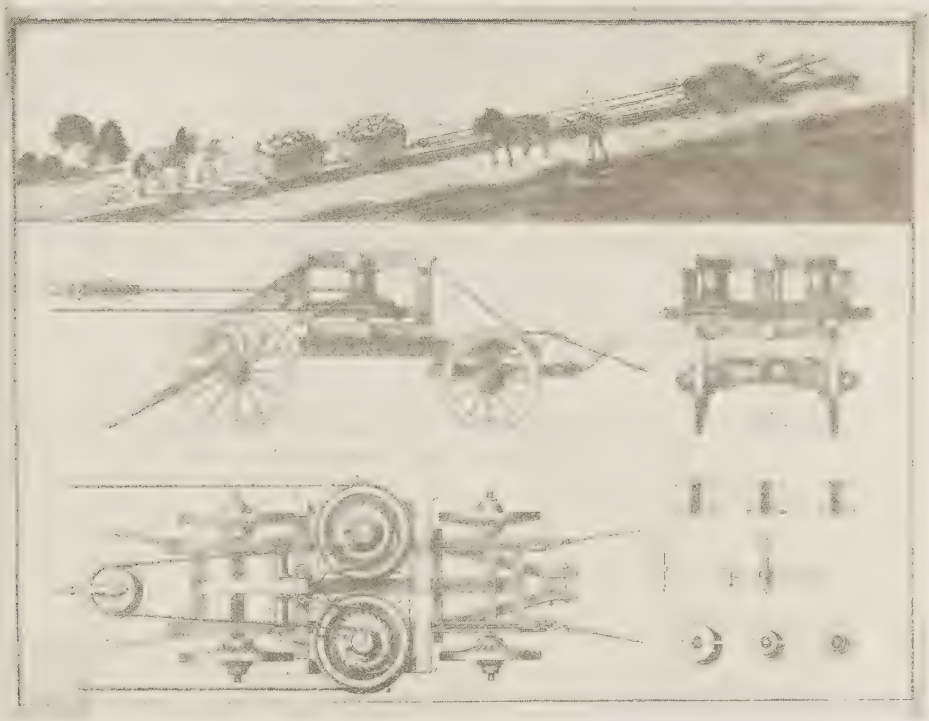


Potence, l'Encyclopédie, (1751-1772), Art.: glaces, pl. XVII.



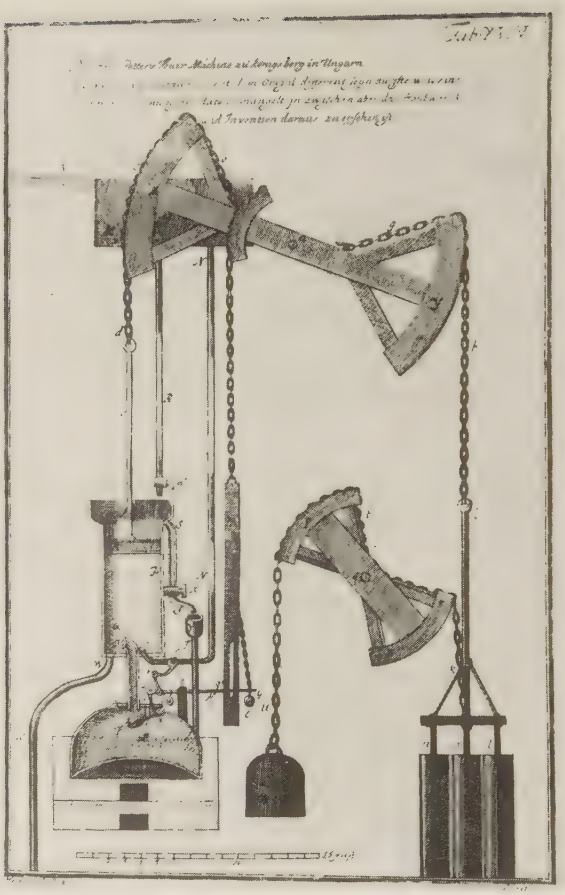
Rolstement et correspondance, l'Encyclopédie, (1751-1772).
Art.: Horlogerie.

Fig. 42



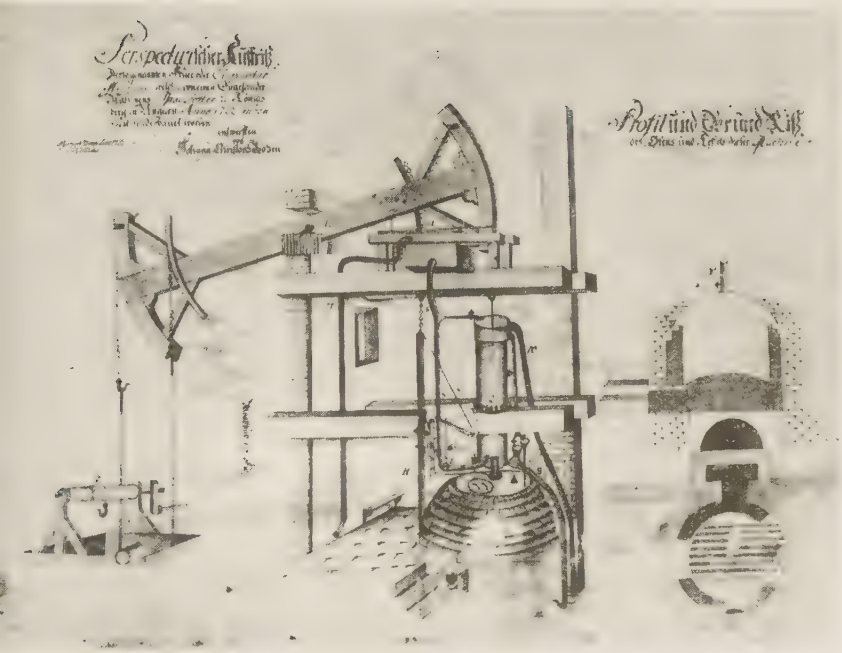
Chariot sur rail, vue générale et dessin RIKKER et BAADER (1822)
D.M. n° 42346.

Fig. 126



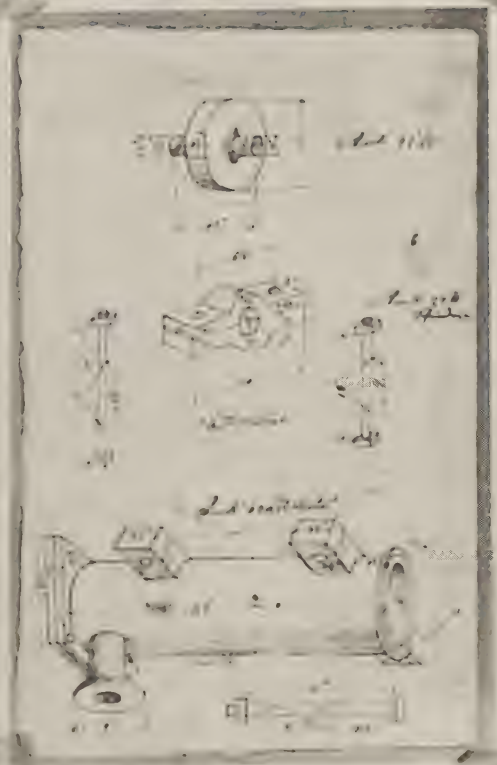
Machine à feu de POTTER, (1725), photo D.M. Munich, n°31951.

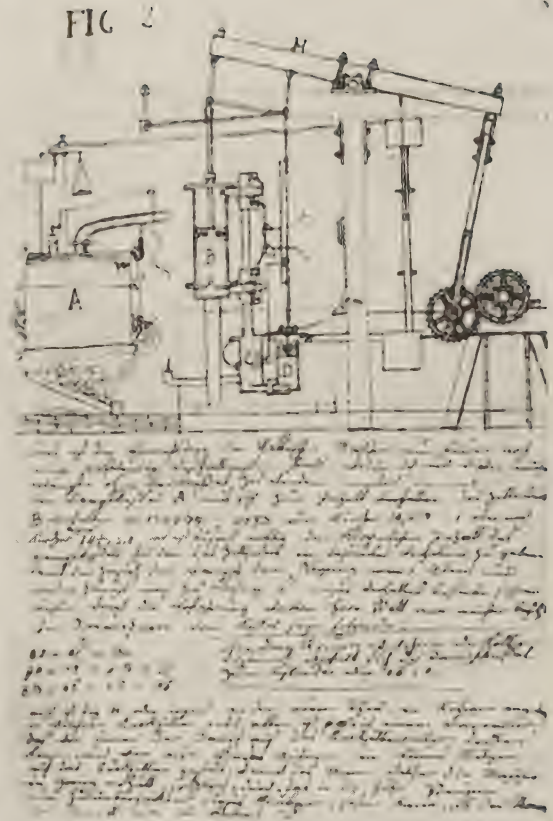
Fig. 127



Machine atmosphérique de NEWCOMEN, (1722), dessin de 1753, photo D.M. Munich, n° 278.

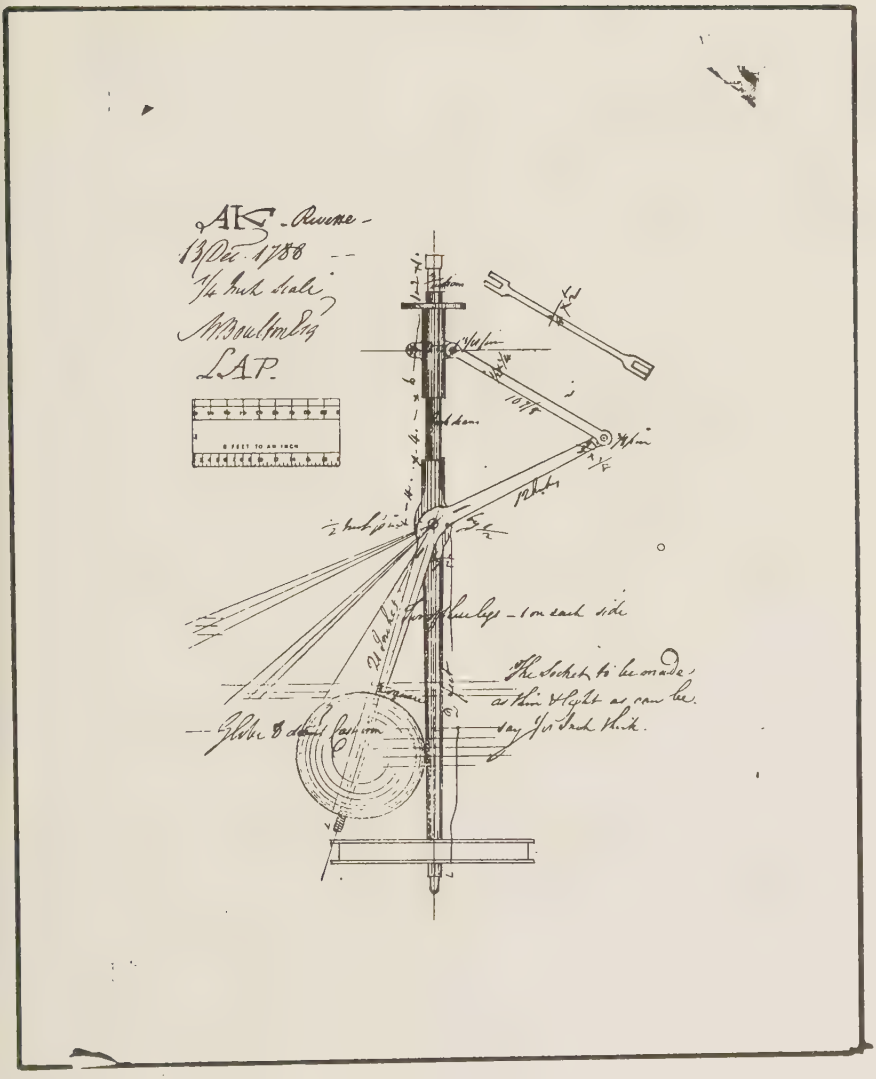
fig. 128





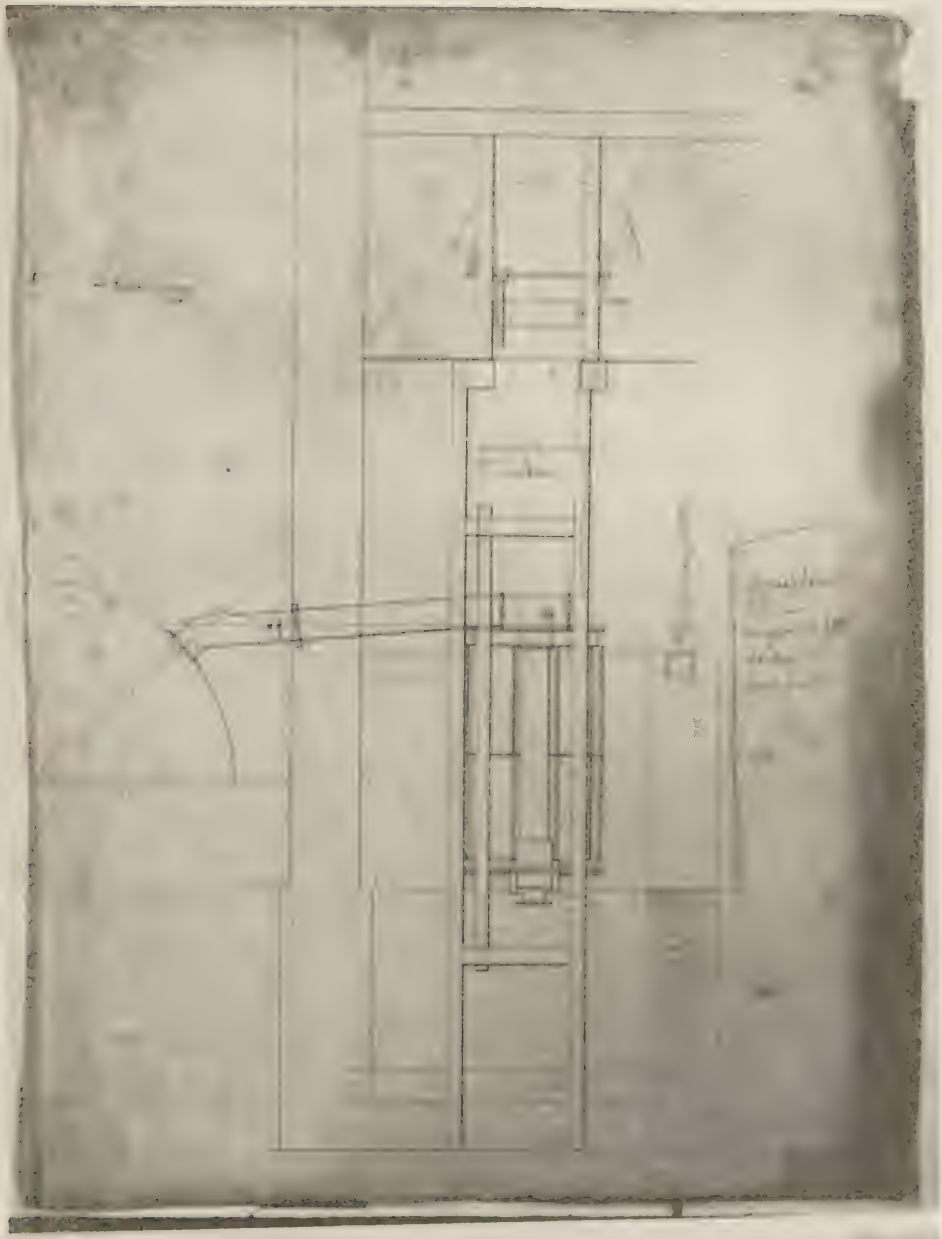
Croquis de la machine de Watt, ensemble et détails,
G. von [illegible], carnets, (1791 et 1817),
photo D.M. Munich, n°523 et 45757.

Fig. 129



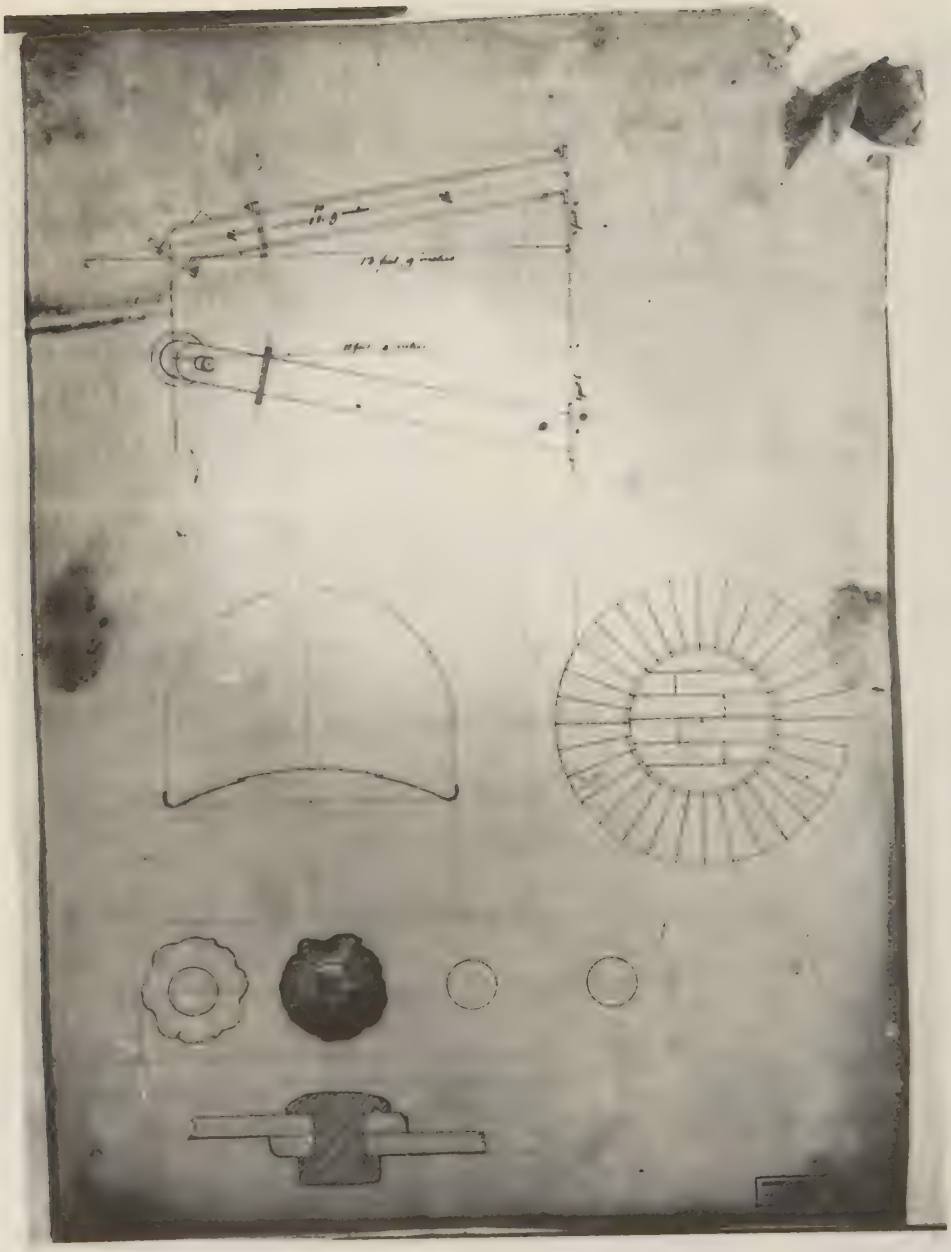
Régulateur centrifuge, J. WATT, dessin à main levée, (1788), photo D.M. Munich, n°44659.

Fig. 130



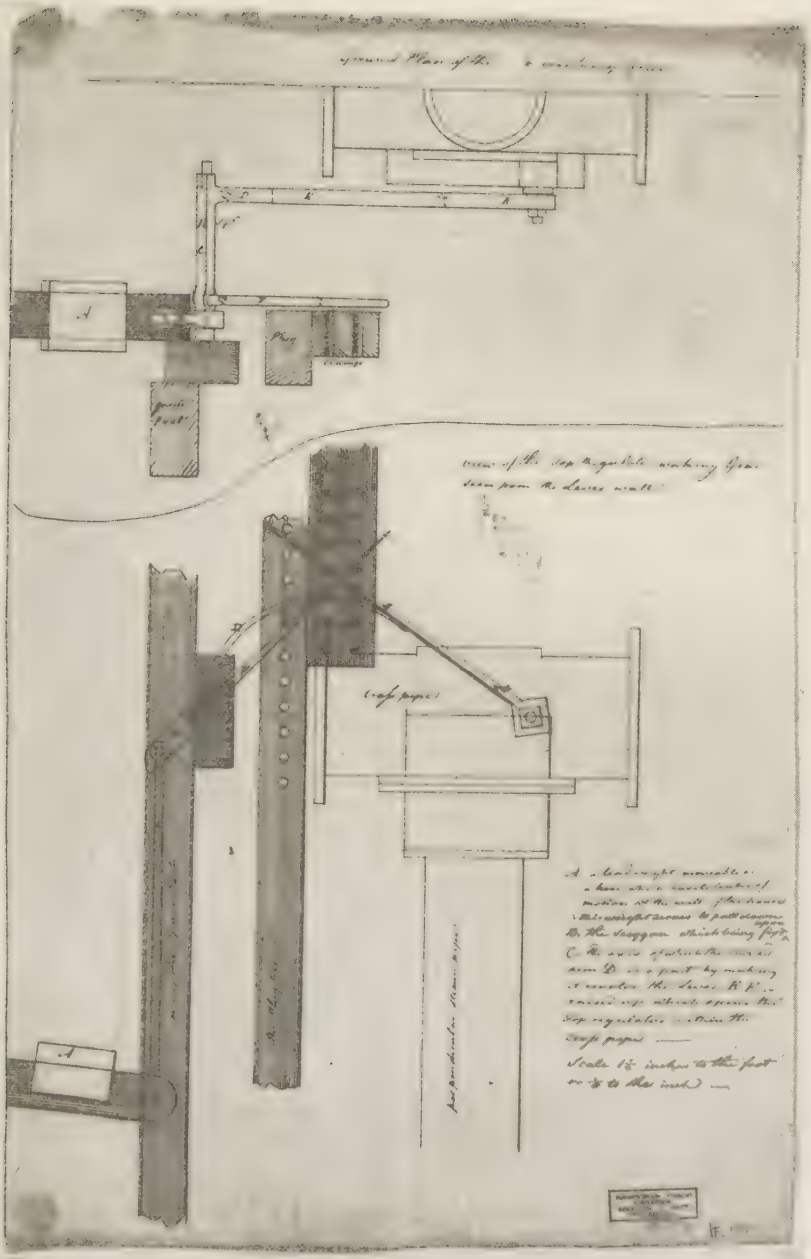
Dessin d'étude pour la mise en place de la machine de WATT à Chaillot,
(Mr Périer 1779),
BIRMINGHAM, BOULTON and WATT COLLECTION, (Pf. 1070).

fig. 132



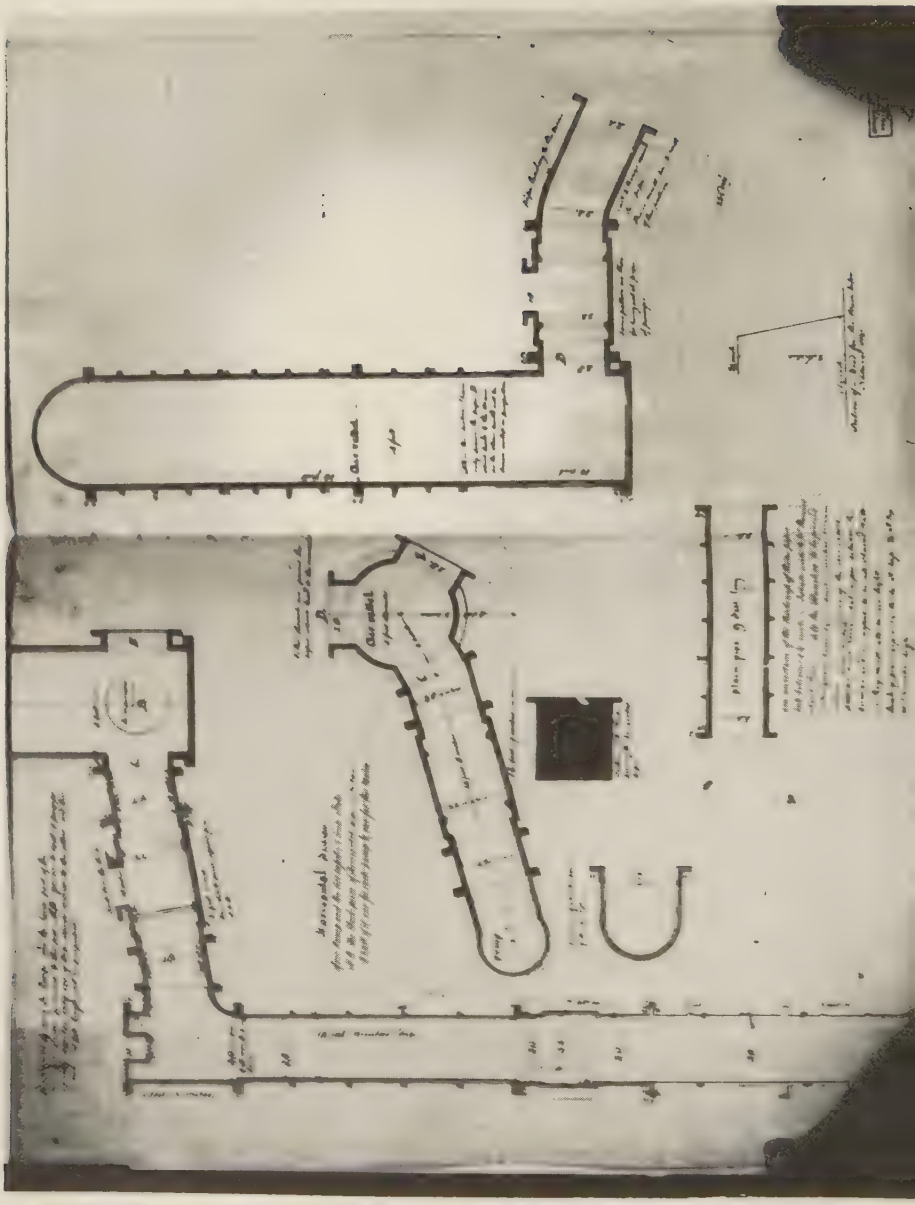
Détails divers, (1779),
BIRMINGHAM, BOULTON and WATT COLLECTION, (Pl. 1070).

Fig. 133



Dessin d'étude du dispositif de régulation de la machine de Watt, (1779), BIRMINGHAM, BOULTON and WATT COLLECTION, (Pf. 1070).

Fig. 134



Dessins de tuyauteries avec cotation, machine de Watt, (1779), BIRMINGHAM, BOULTON and WATT COLLECTION, (Pf. 1070).

fig. 1

65

Belonging to Condenser.

~~Case for Exhaustion Pipe~~

S. Valve at Bottom le Clapet au pied de tuyau d'exhaustion

Screws for Lower Box les vis pour la boite de communication inferieure (1 pouce diam.)

Screws for Upper ditto les vis pour la boite superieure 1/8 pouce diam.

Screws for Air Pump Lids pour les couvercles de pompe a l'air 1/8

Screws for Exhaustion Pipe pour le tuyau d'exhaustion (1/8)

~~Screws for Communicating Pipe~~

~~Screws for Case for Exhaustion Pipe~~

Brass Rings for ditto anneau de cuivre jaune pour le tuyau d'exhaustion

A.C. Injection Pipe and Valve tuyau d'injection et sa soupape

Iron Rings for Exhaustion Pipe anneaux de fer forge pour les rebords de tuyau d'exhaustion 1 pouce epaisses

Belonging to the Boiler. au Chaudiere

Boiler Chaudiere de 18 pieds de diam.

S. Steam Pipe tuyau a vapeur de Chaudiere

S. Boiler Regulator soupape a vis pour la fermer

Guage Cocks, Pipes, and Screws for ditto tuyaux de epreuve de cuivre pouce en diam.

Loading Valve, or Safety Valve soupape de sureté 7 pouces en diametre

Feed Pipe and Valve at Bottom tuyau nourricier 4 pouces en diam.

Fire Door and Frame porte au feu (2 pieds 8 un Chassis 3 pouces en quarré avec les portes en deux portes

Grate Bars Grille

Dead Plates faux avant Grille

Damper Registre un pouce et un quart epaisses

Beam for ditto Balancier pour l'elever

Rods for ditto bergés pour la tirer

S. Steam Gauge and Screws jauge de vapeur

Man Hole Door porte pour entrer dans la Chaudiere

Screws for ditto ses vis

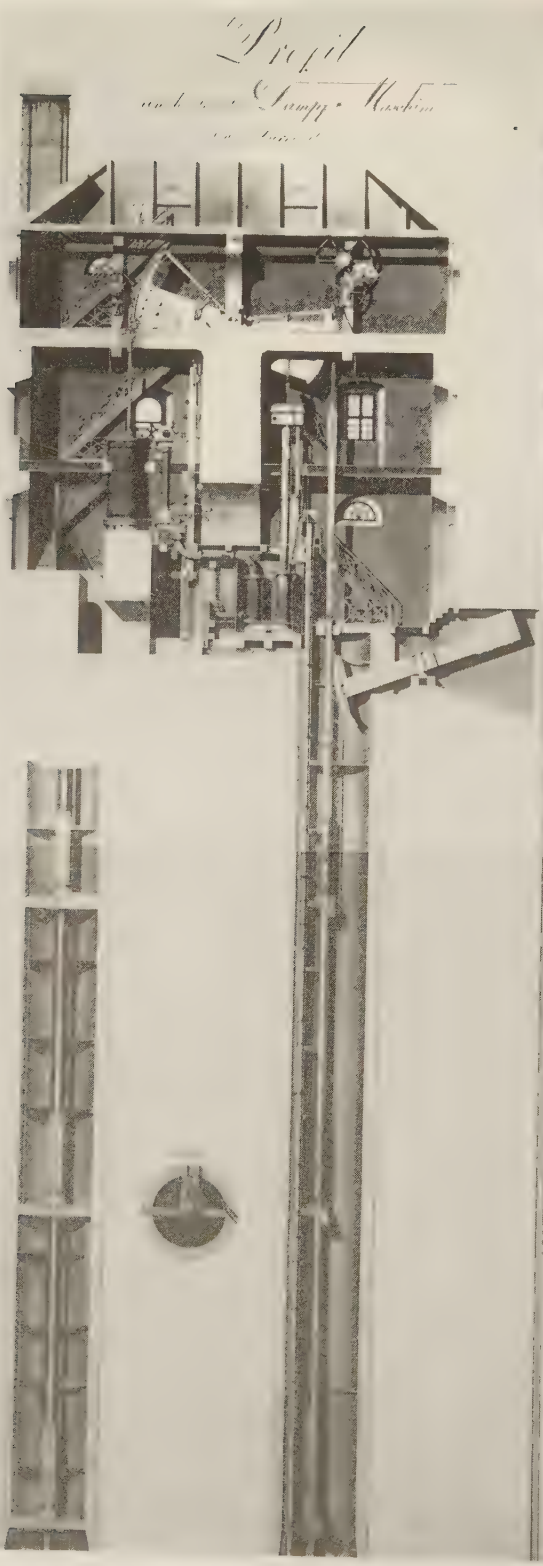
Screws for Steam Pipe and Loading Valve vis pour le tuyau a vapeur

Screws for Feed Pipe Flanch pour le rebord de tuyau nourricier

Nomenclature des pièces constitutives de la machine de Watt, (extrait), (1779), BIRMINGHAM, BOULTON and WATT COLLECTION, (~~portefeuille~~ 1770).

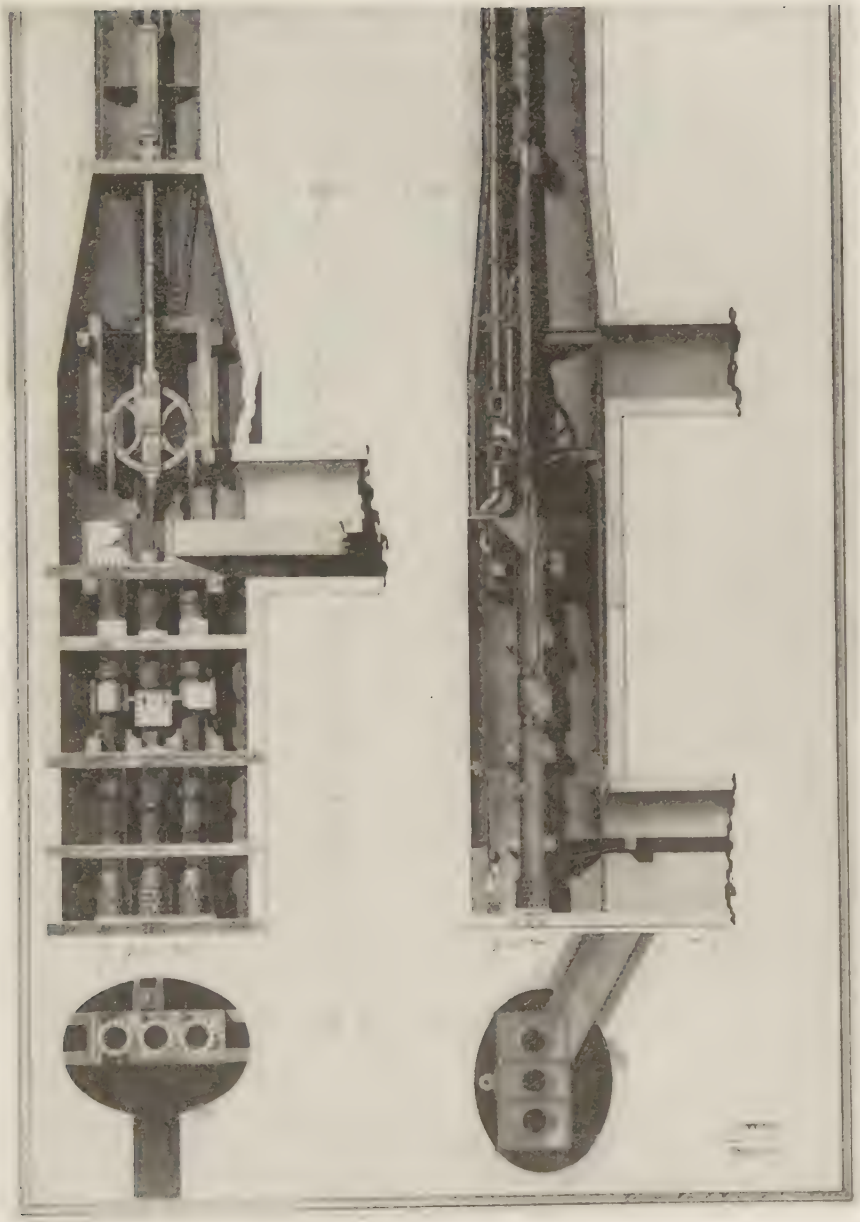
Pf. 1

Fig. 136



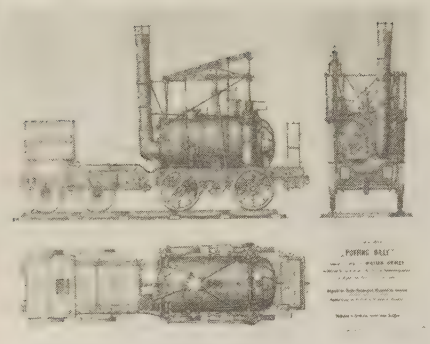
Machine à vapeur de WATT et
BOULTON de 5 pieds construi
par A.F., WILHELM en usage d
les mines de TARNOWITZ,
(1799-1802), D.M., n°442

fig.137

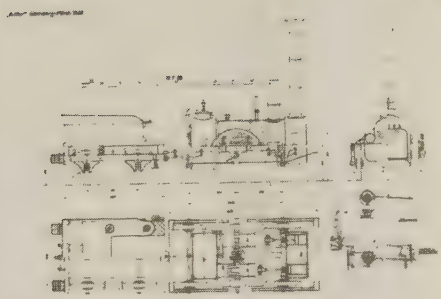


Machine à vapeur de WATT et BOULTON de 5 pieds construite par A.F. WILHELM en usage dans les mines de TARNOWITZ (1799-1802) (suite)

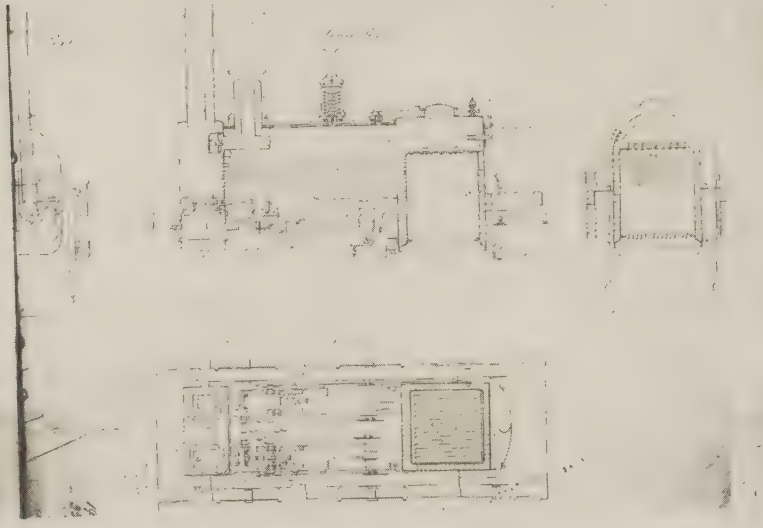
Fig. 137b



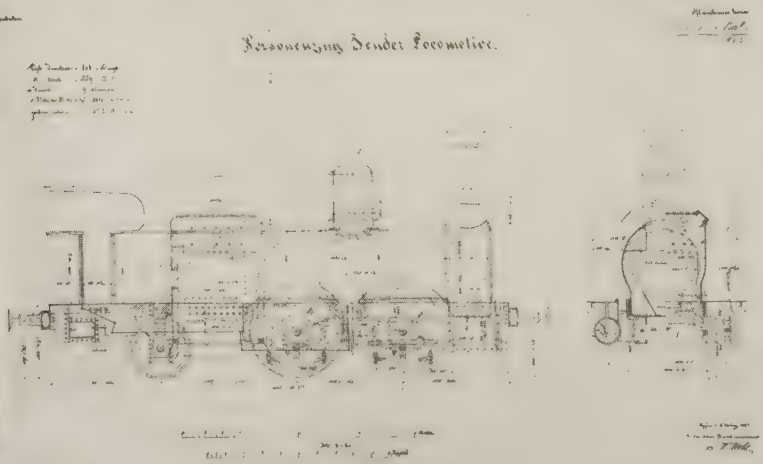
Locomotive "Puffing Billy"
(1813) D.M.nº 31998



Locomotive "Adler"
(1835) D.M. nº 14732

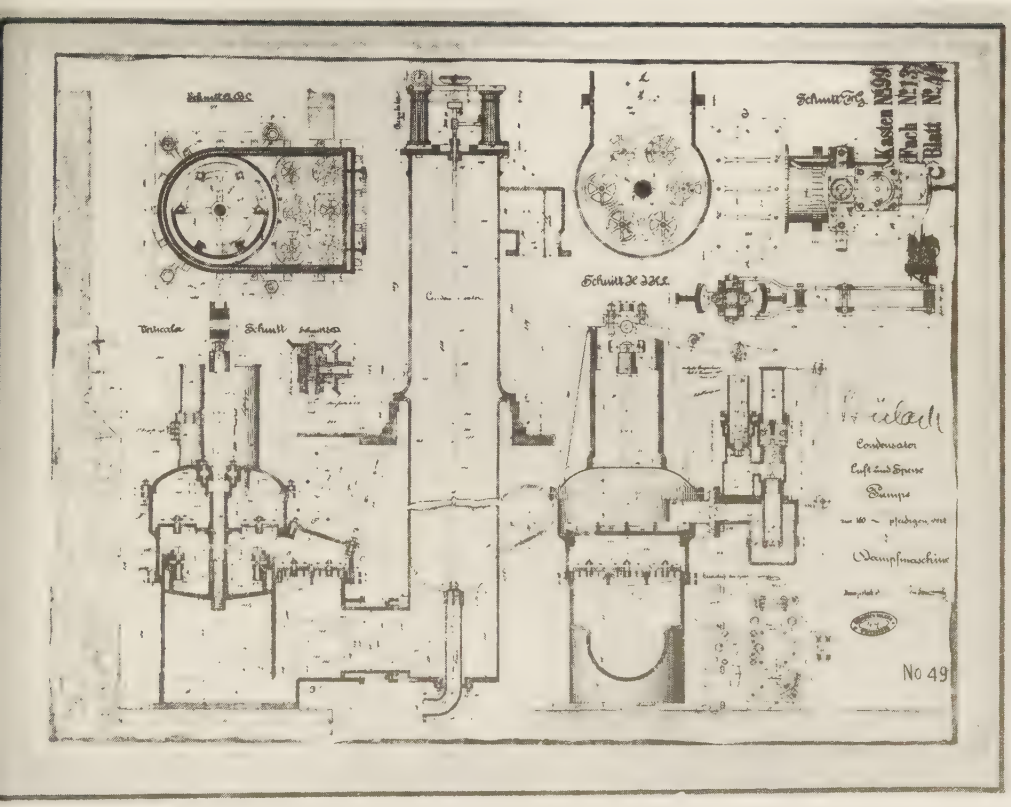


Locomotive du "RHEINISCHEN BAHN" (1872) D.M. nº 34412.



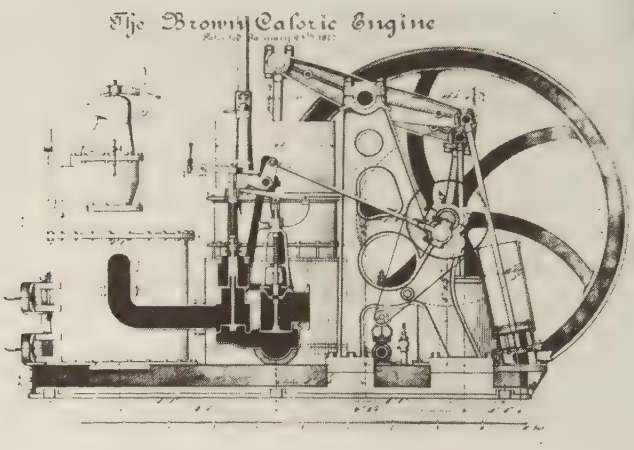
Locomotive "RUHR" (1840) D.M. nº 34423.

Fig. 13



Machine à vapeur SULZER de 160 ch. pour la filature Bülach de Winterthur, (1865),
photo D.M. Münich n°36699.

fig. 139



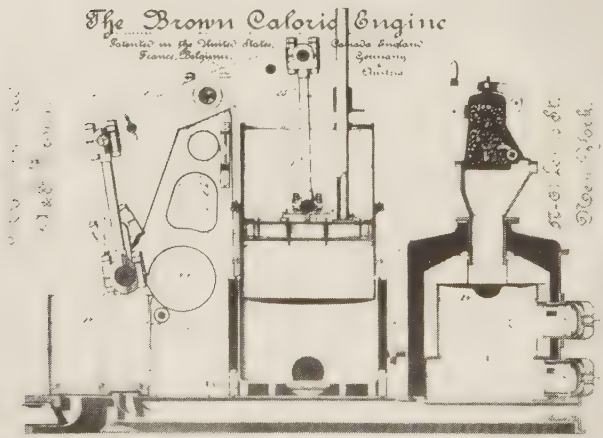


Fig. 140

Machine à air chaud, F.BROWN, N.Y. (1877)
D.M. n° 30526

COLLECTION 180 2ème SÉRIE

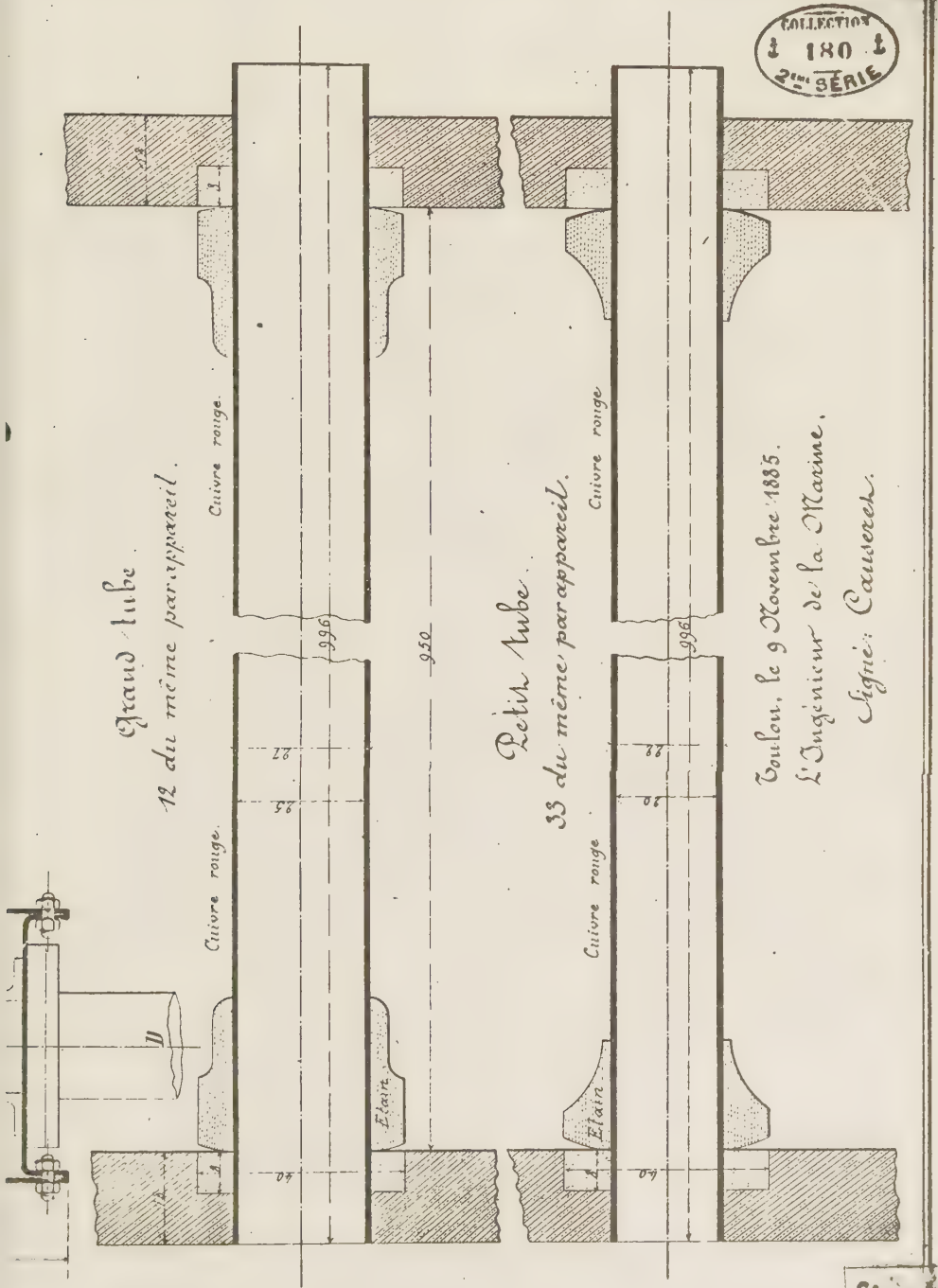
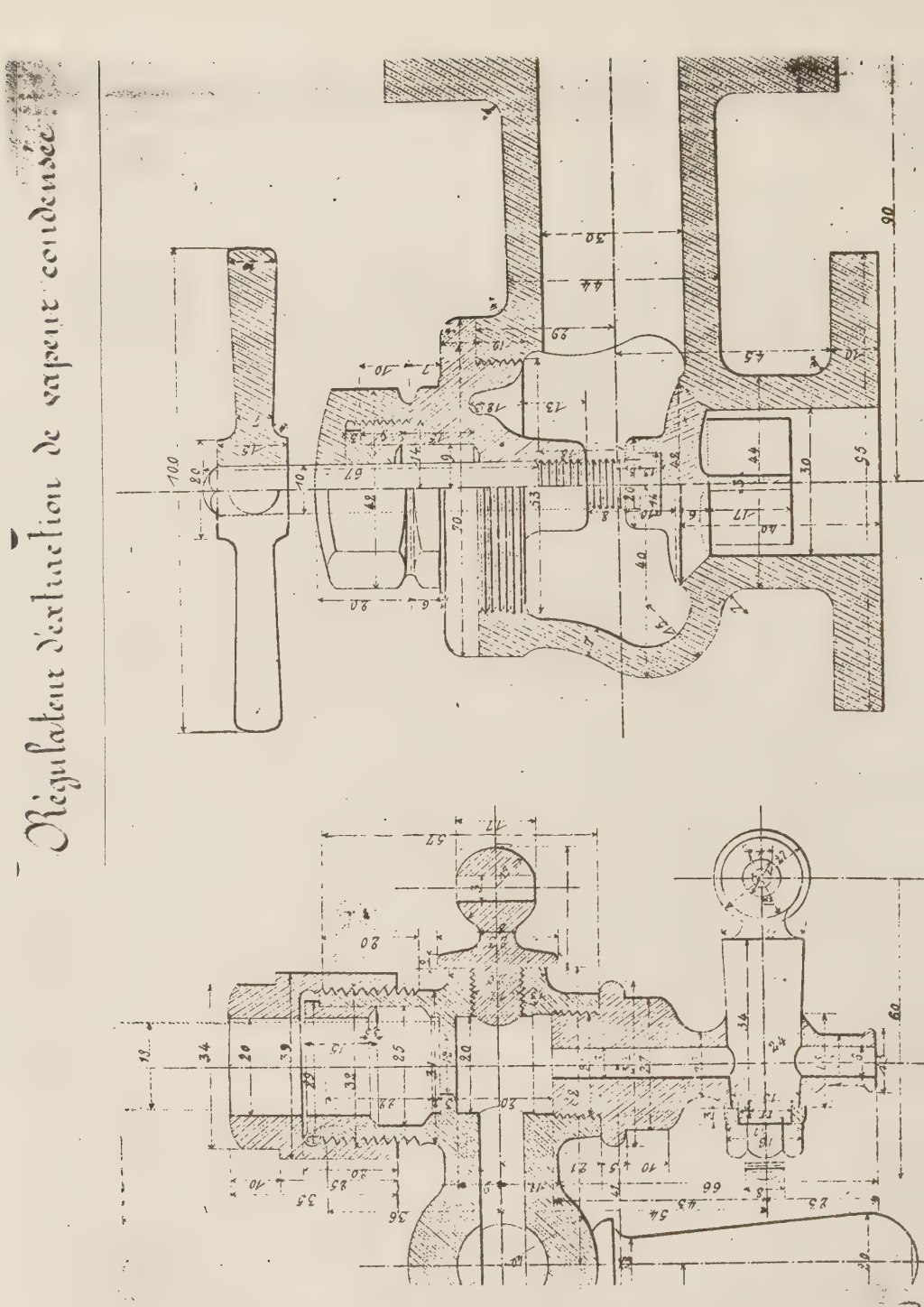


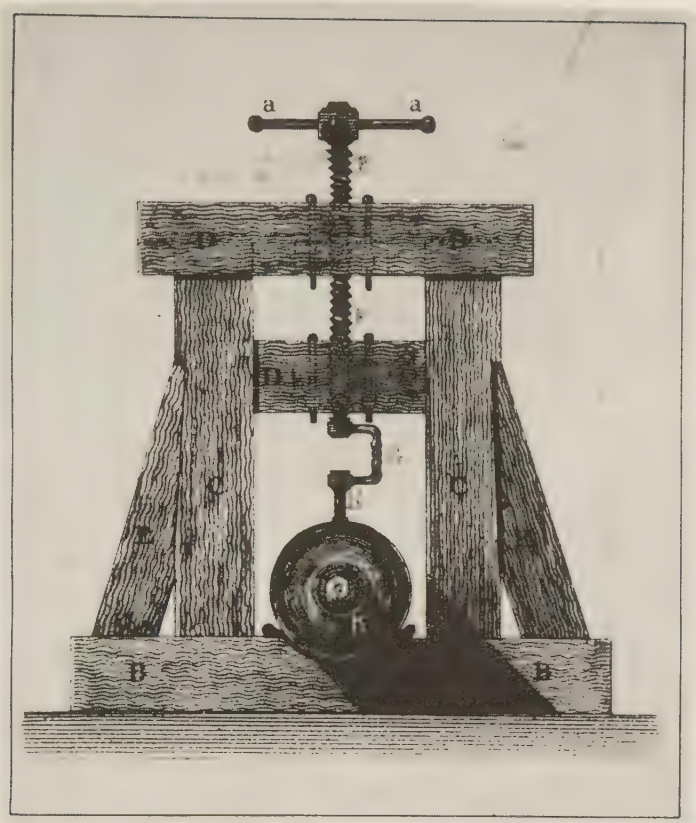
Fig. 141

Bouilleur, (vraie grandeur), plan détaché de l'atlas du génie maritime, annexe n°16, (1885), coll. CNAM.



Bouilleur, régulateur, plan détaché de l'atlas du génie maritime, annexe n°16, (1885), coll. CNAM.

Fig. 142

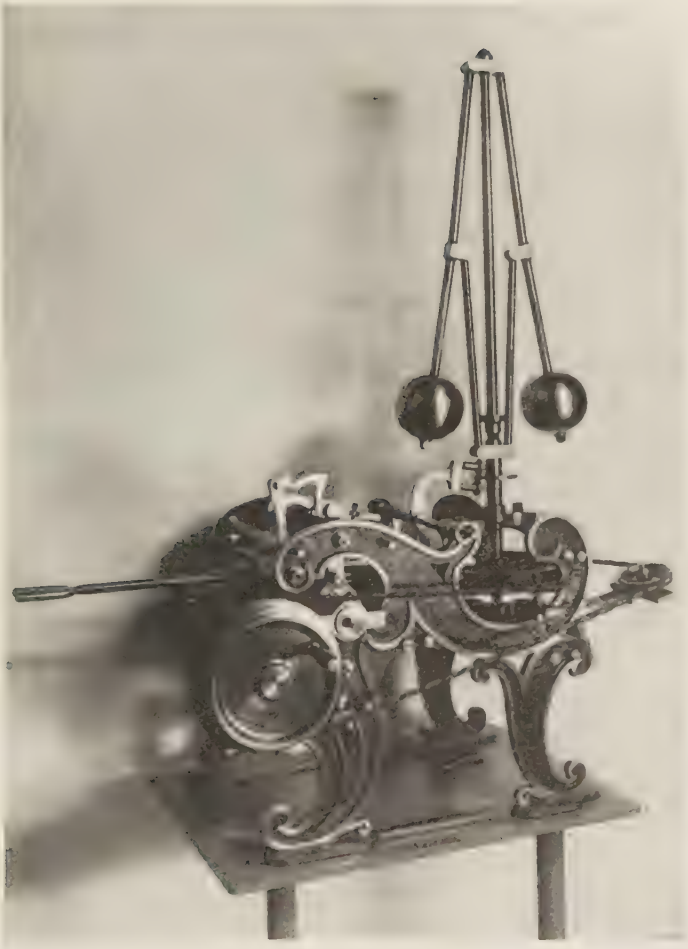


Dispositif pour forer les lumières des canons, d'après la collection des dessins illustrant "La description de l'art de fabriquer les canons" de G. MONGE, (1794), photo D.M. Munich n°5241.

Fig. 143

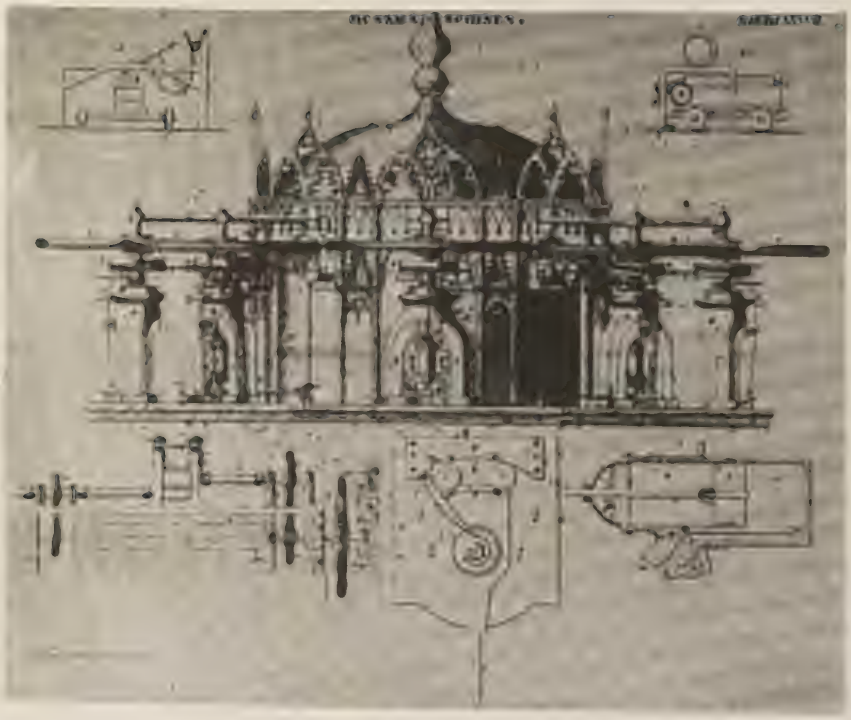
Presse à imprimer "COLUMBIA", style baroque,
de C. CLYMER, (1826),
photo.D.M. Munich n°6327, (presse n°311).

fig.144



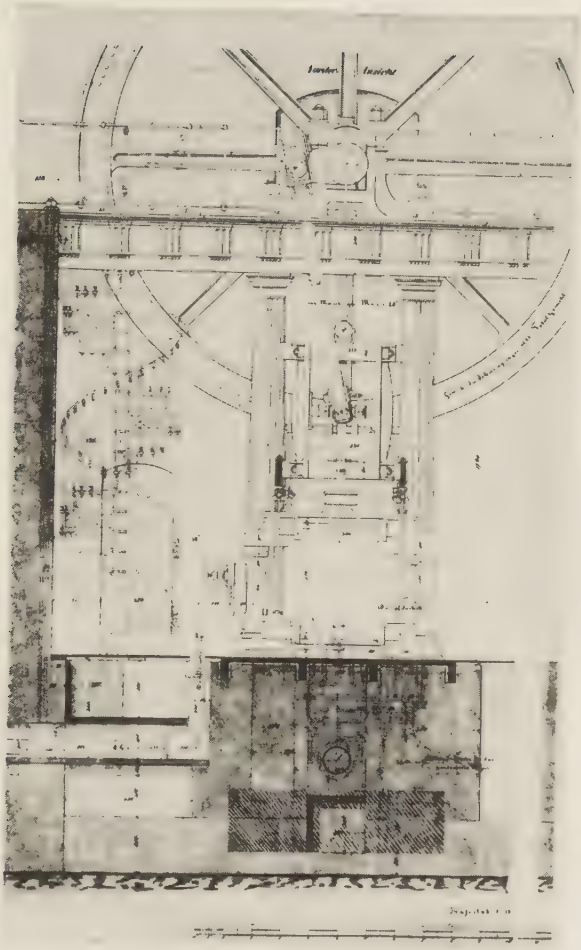
Régulateur de KAUFMANN, style baroque,
(1879),
photo. D.J. [illegible].

fig.145



Presse à monnaie de [illegible], style gothique oriental, (1838-39), d'après LIPSCHER, Technik und Schule, pl.10.

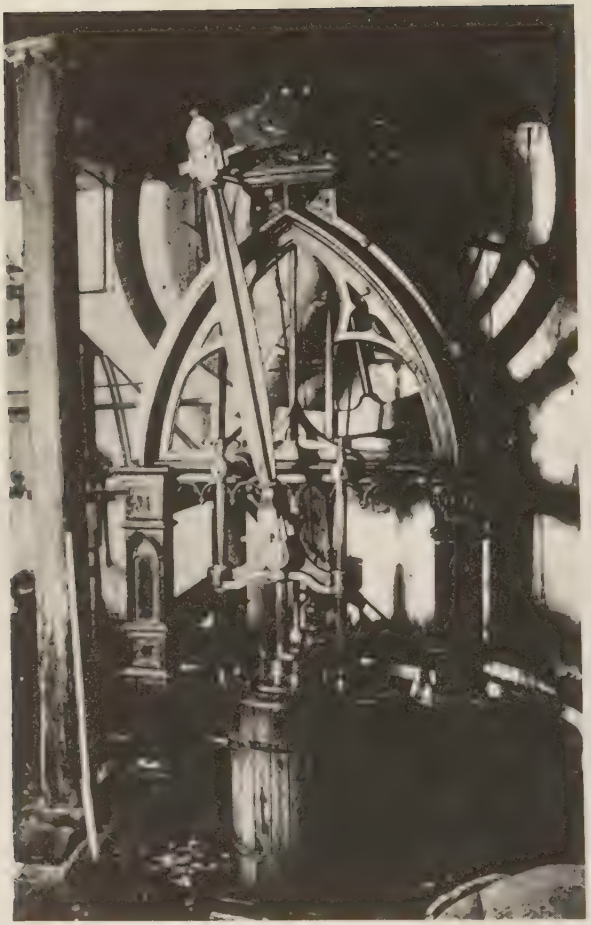
Fig. 146



Machine à vapeur SULZER, style grec, (1865),
photo D.M. Münich n°10552.

fig.147

La partie cachée de cette machine est présentée sur le dessin fig.

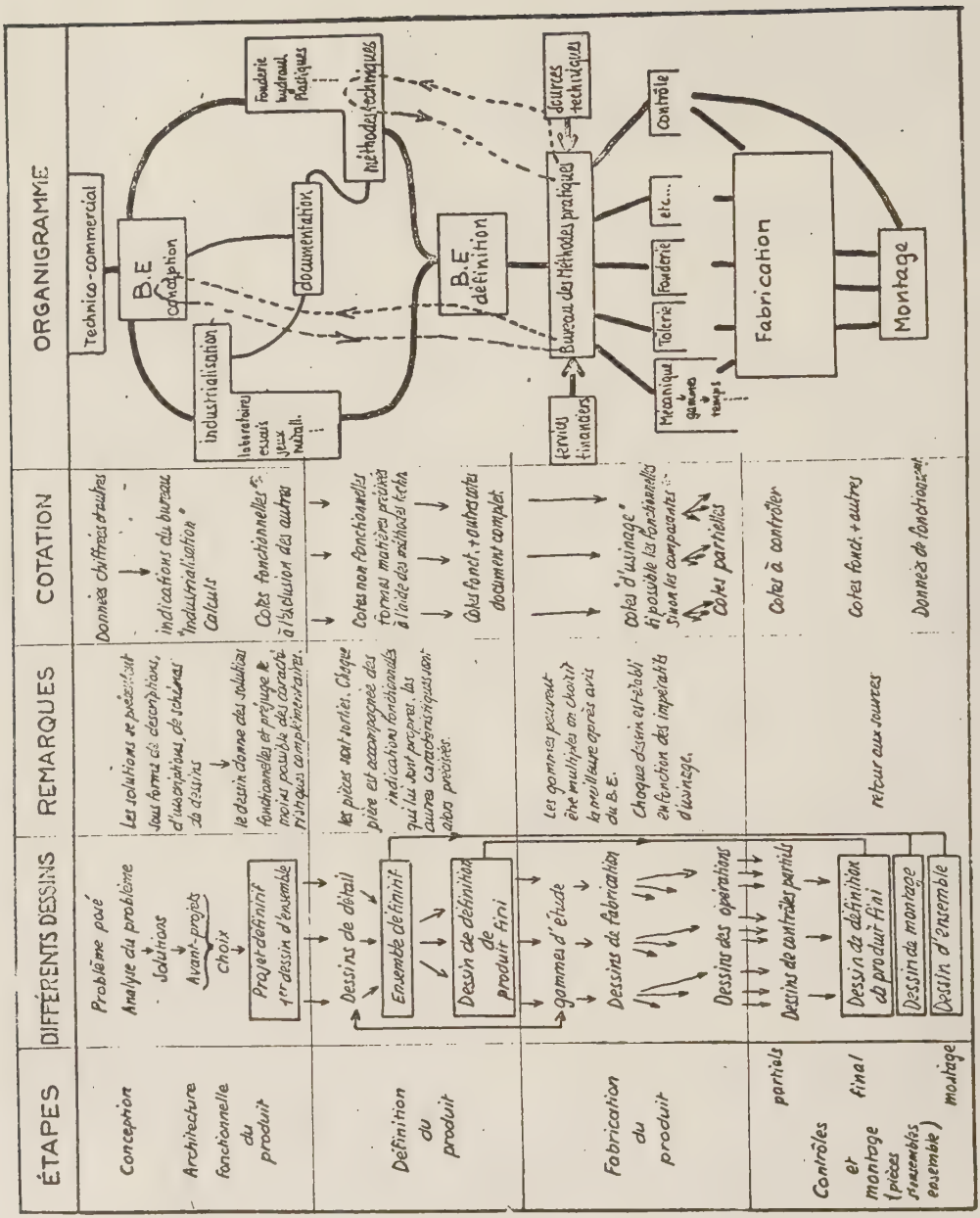


Machine à vapeur à cylindre vertical,
style gothique, (1[illegible]),
photo.D.M. Münich n°36532.

fig. 148

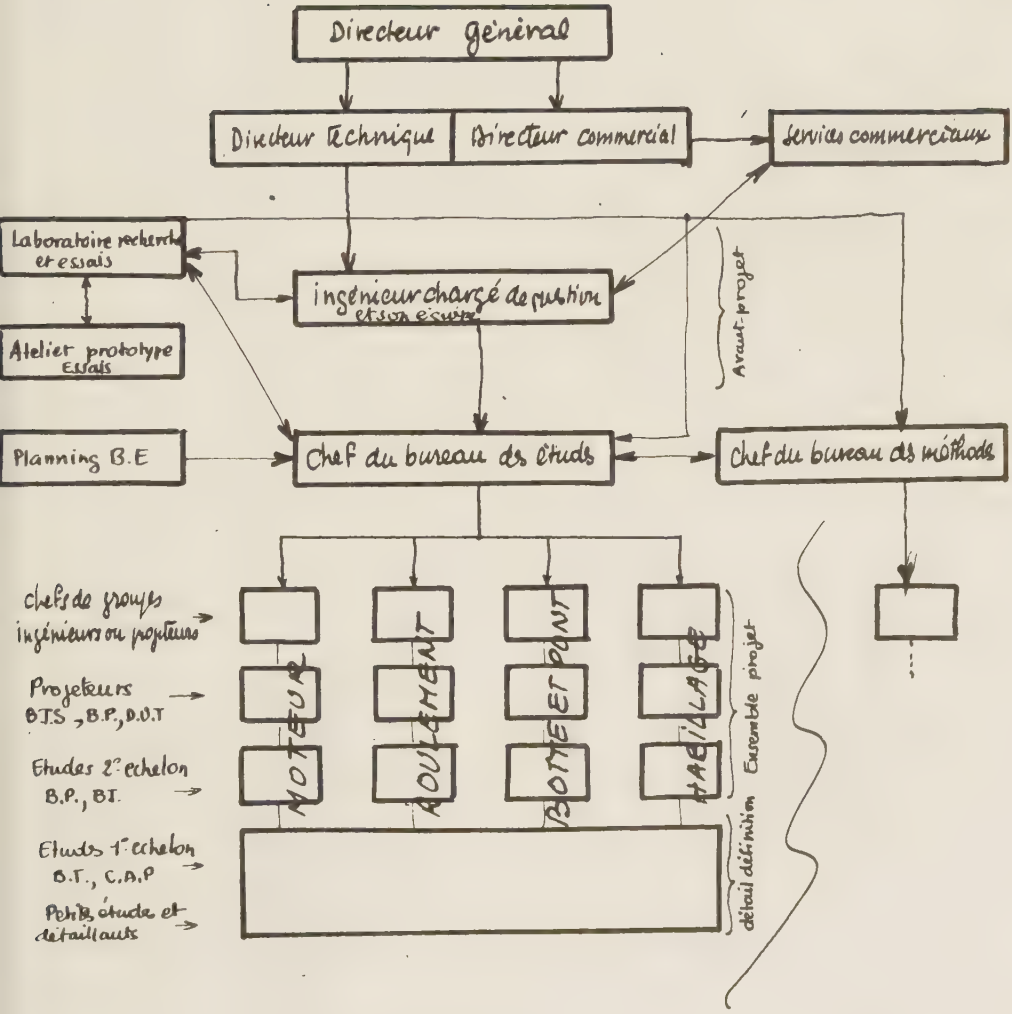
Fig 149

Brasserie alsacienne, modern'style, (1930 ?), texte et documents [illegible]
7 déc. 1967, (photo. Carabin J.Maa[illegible]).



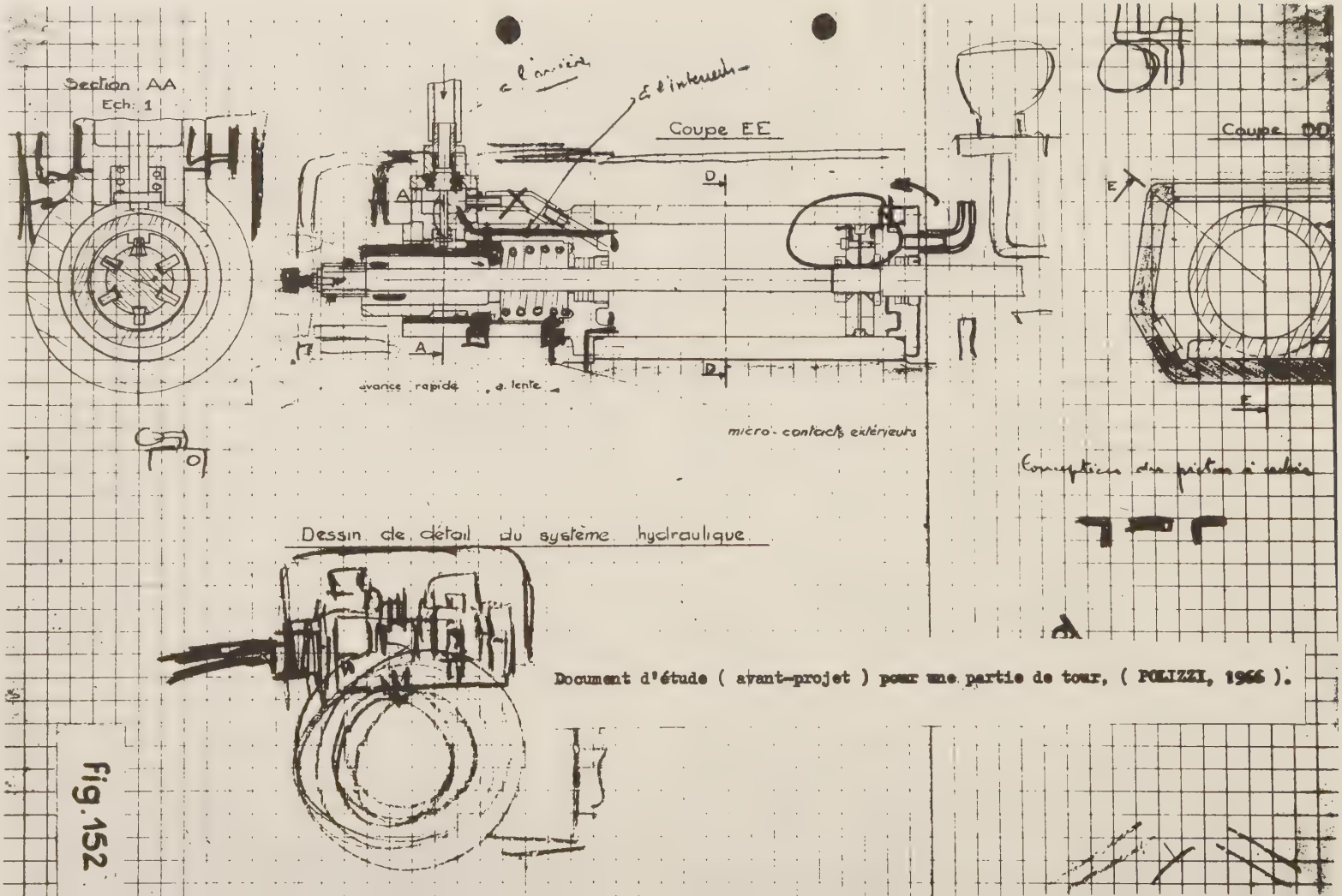
Organigramme d'un système de production, (fabrications mécaniques), document de l'auteur.

Fig. 150



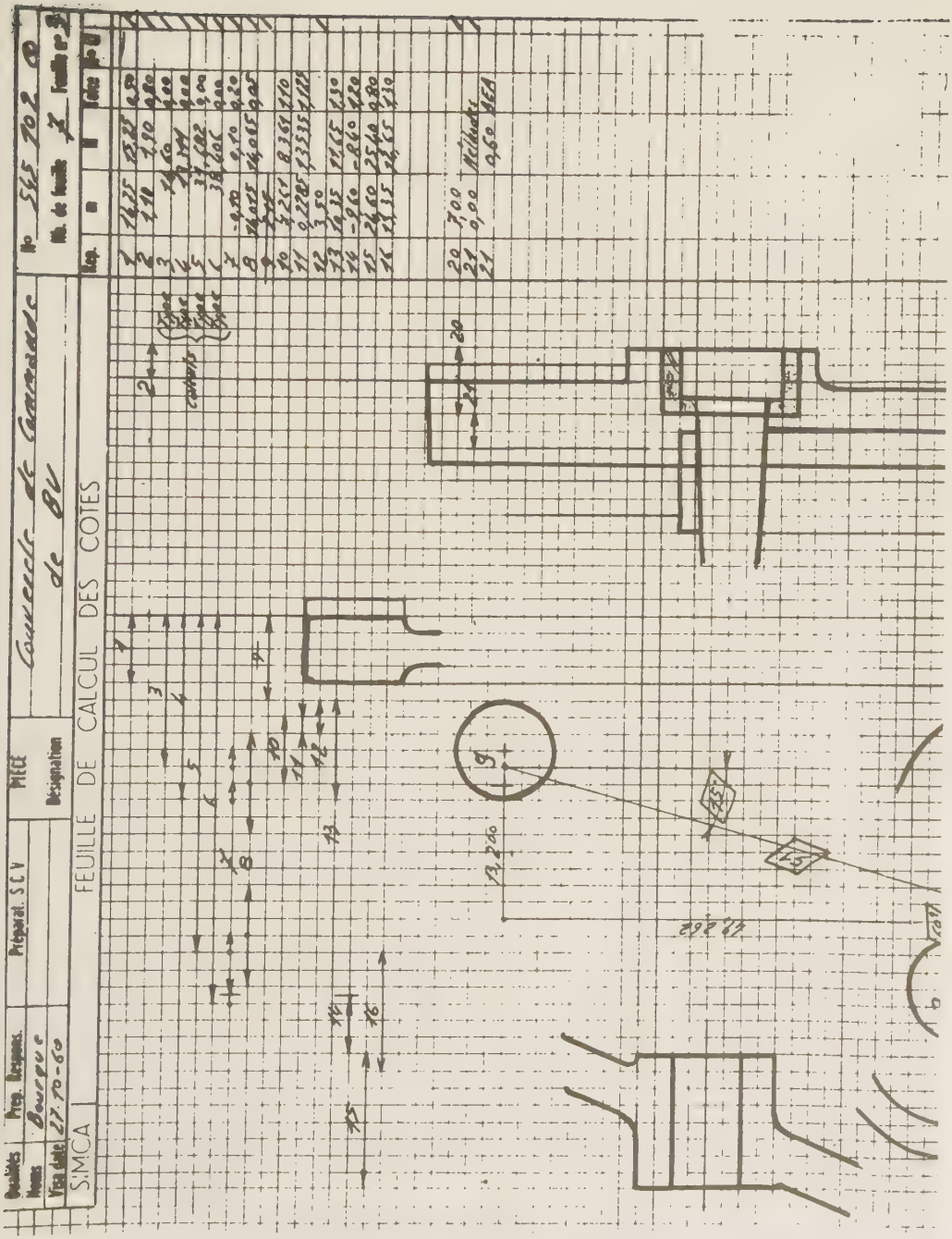
Organigramme de la fonction dessin, (fabrications mécaniques), document de l'auteur.

Fig. 151



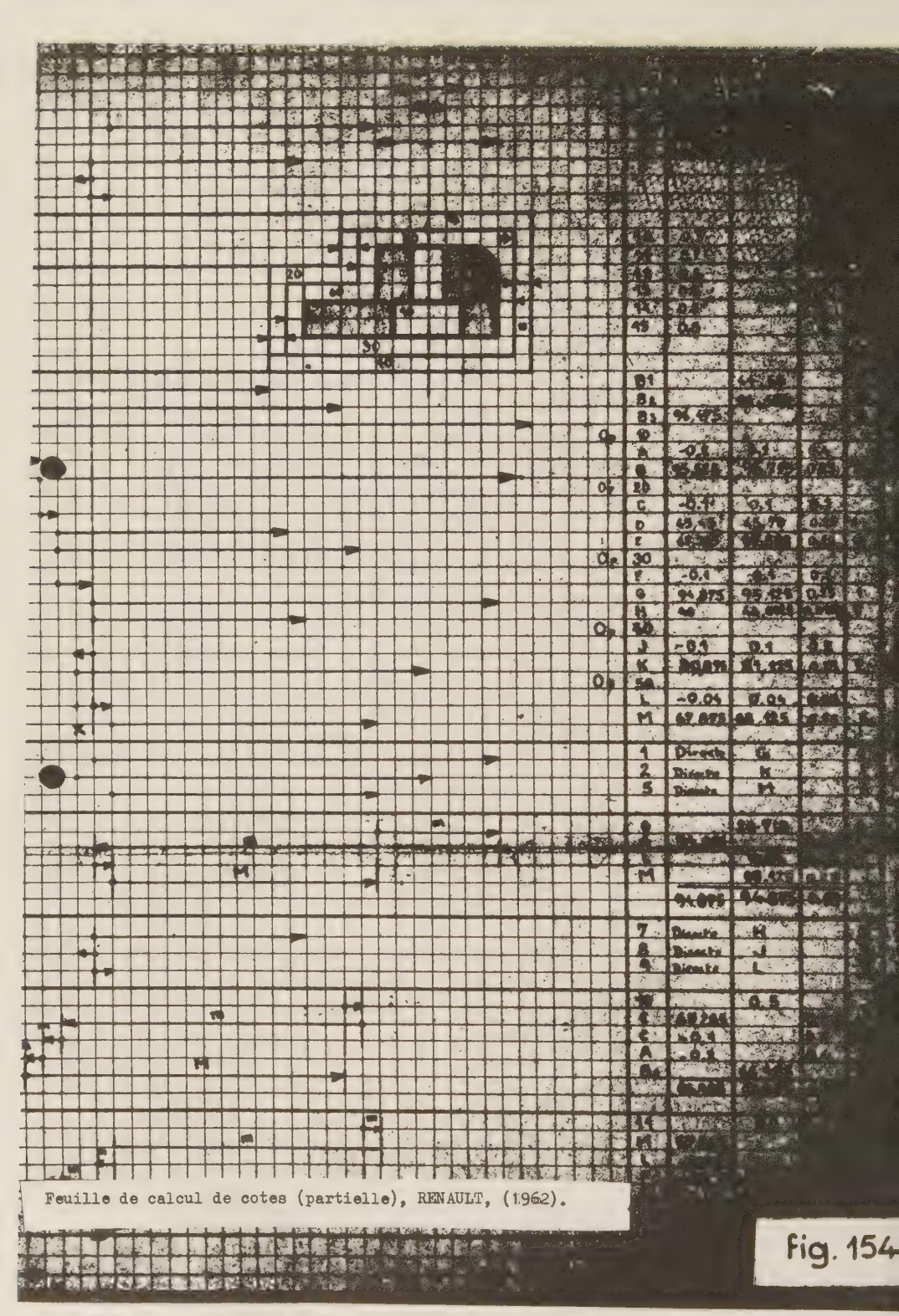
Document d'étude (avant-projet) pour une partie de tour, (POLIZZI, 1966).

Fig. 152



Feuille de calcul de cotes, (doc. incomplet), SIMCA, Poissy, (1960).

fig.153



Feuille de calcul de cotes (partielle), RENAULT, (1962).

Fig. 154

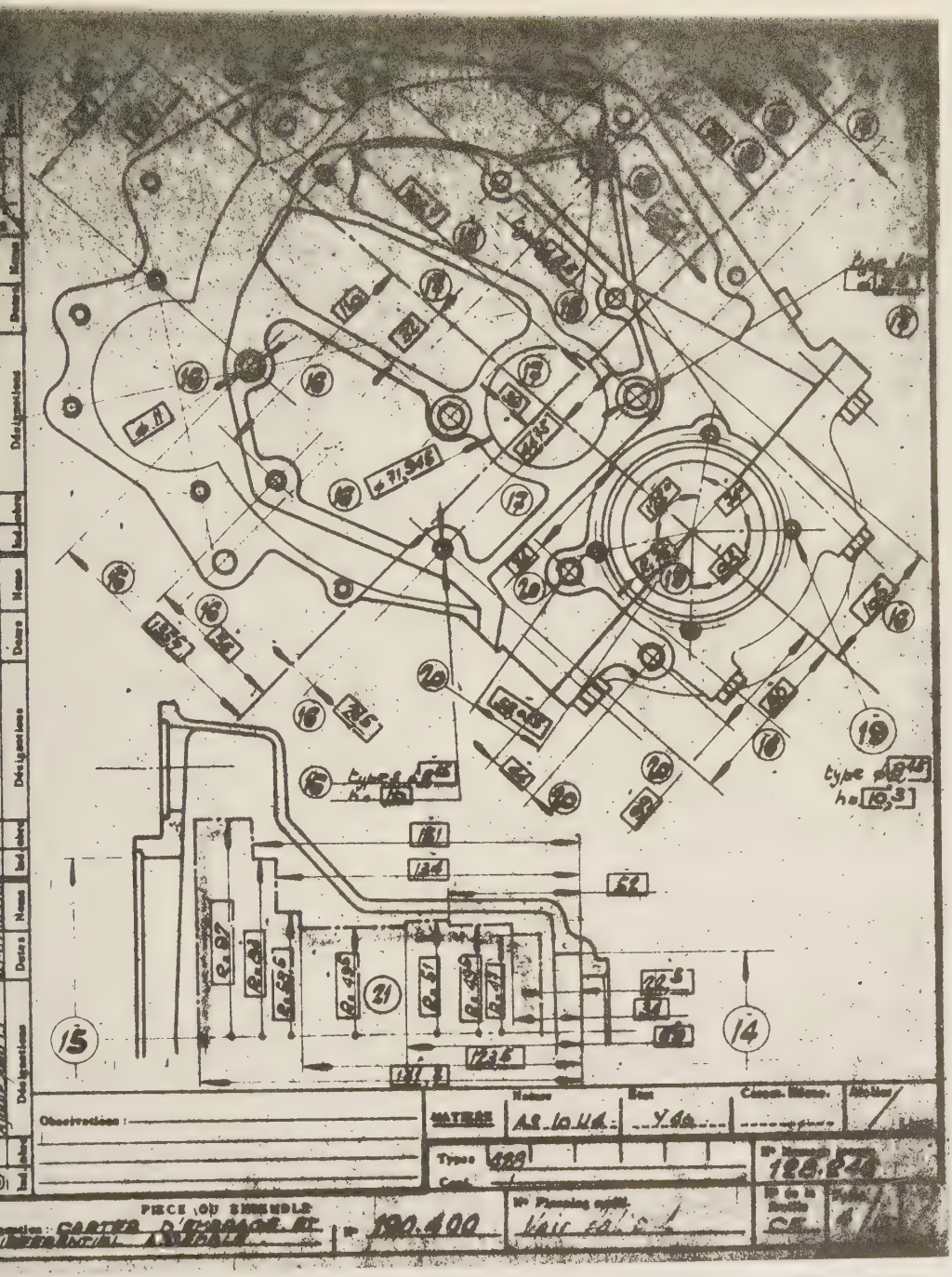

Observations :
MATIERE
Nature
Etat
Type
PIECE OU ENSEMBLE
190.400
Désignations
Dates
Noms
Ind.
Ateliers

fig. 155

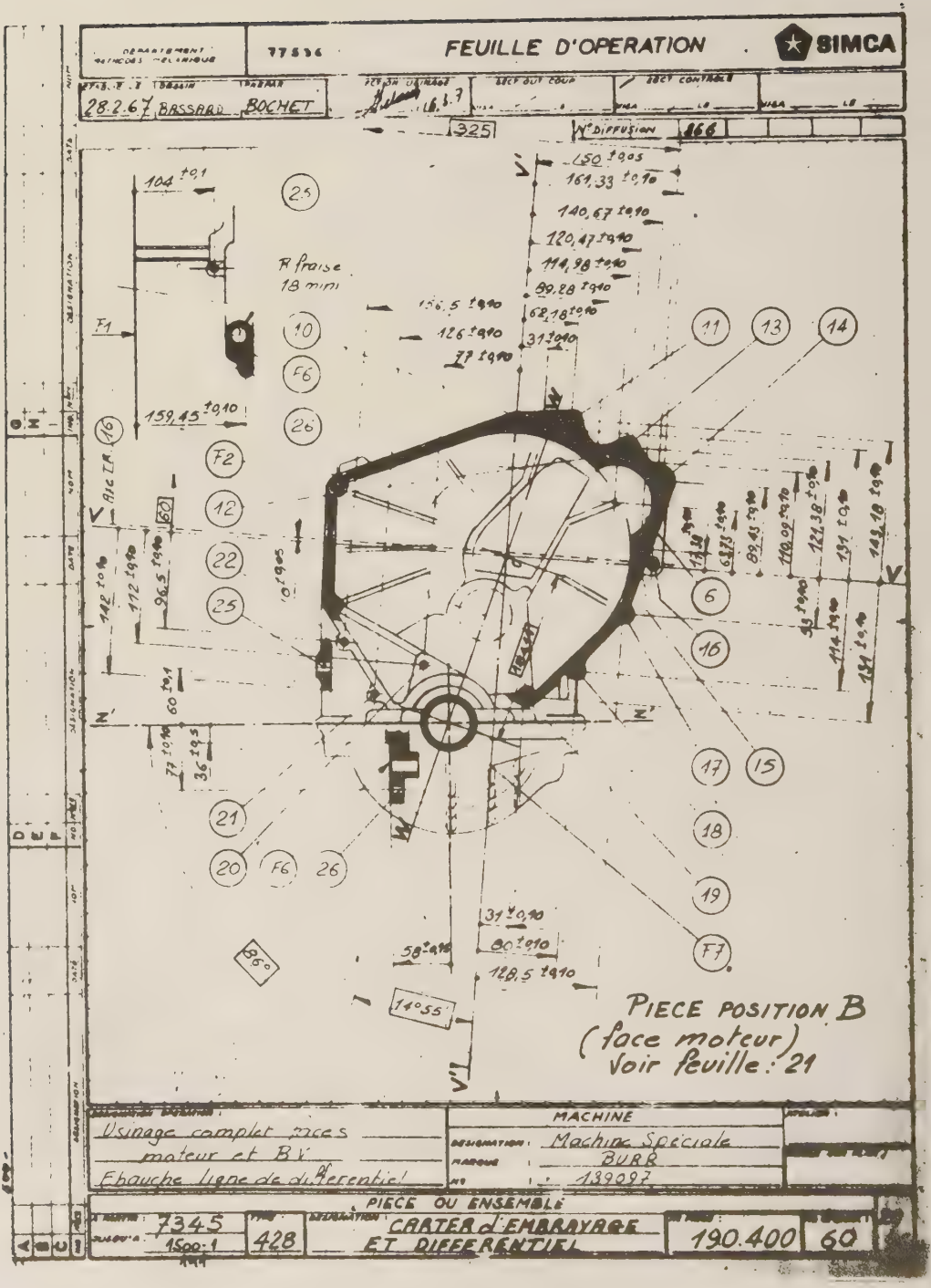

FEUILLE D'OPERATION
SIMCA
77536
28.2.67
BASSARD
BOCHET
325
N° DIFFUSION
166
PIECE POSITION B
(face moteur)
Voir feuille : 21
Usinage complet faces
moteur et B V
Ebauche ligne de différentiel
MACHINE
Machine Spéciale
BURR
139097
PIECE OU ENSEMBLE
7345
1500:1
428
CARTER d'EMBRAYAGE
ET DIFFERENTIEL
190.400
60

fig. 156

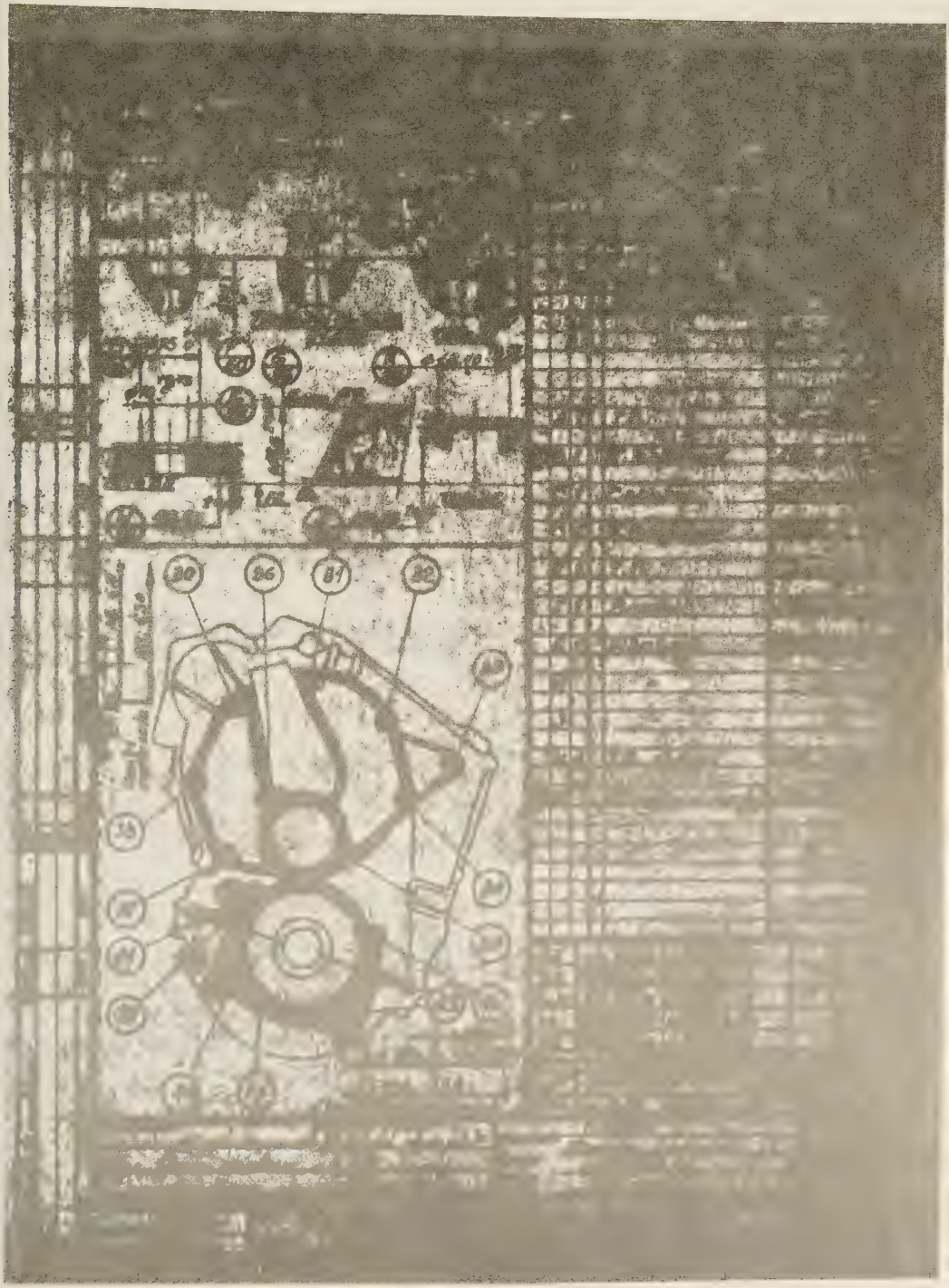


Fig. 157

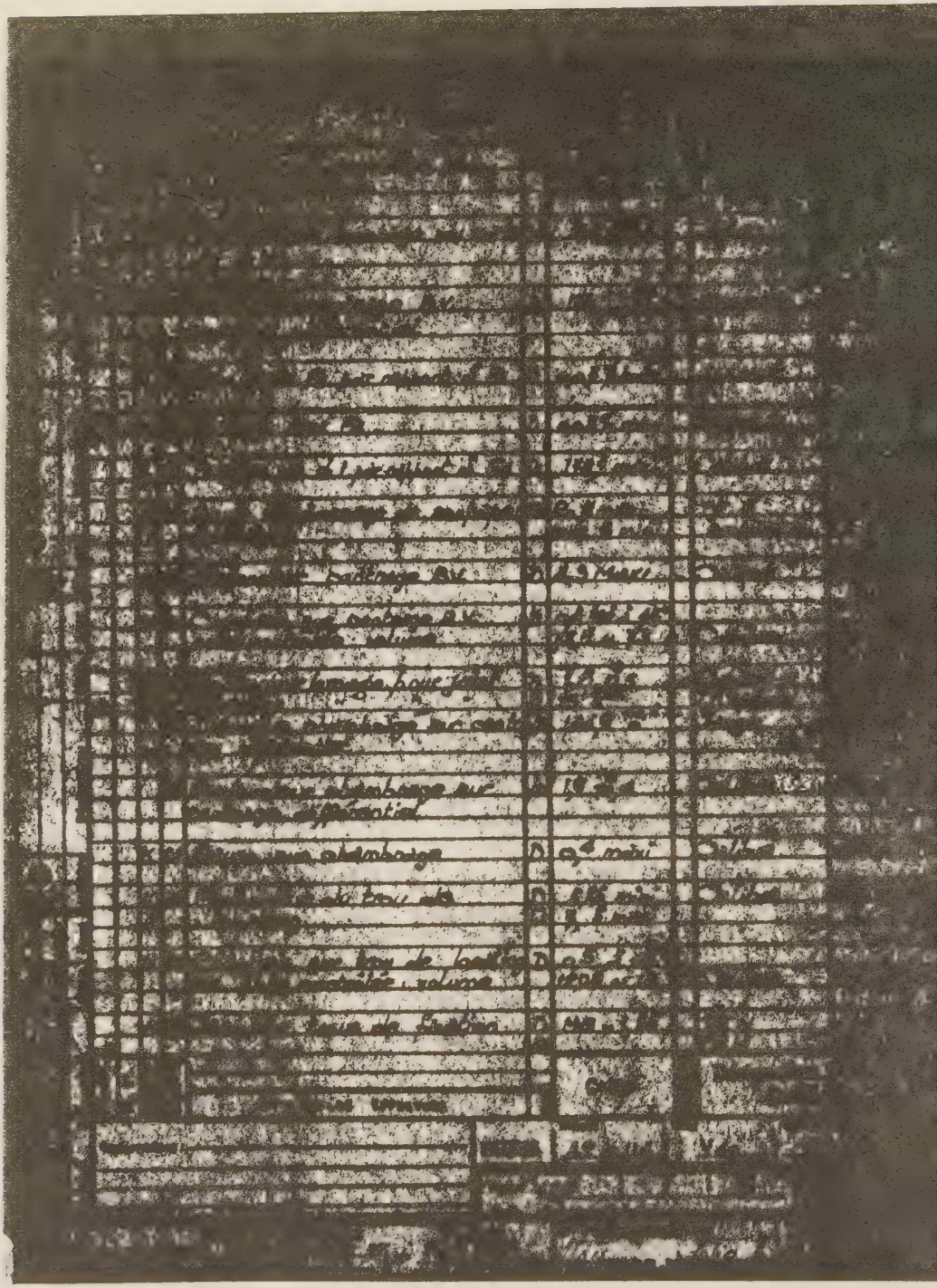


fig. 15

SIMCA

METHODES MECANIQUE

FEUILLE D'OPERATION ASSEMBLAGE

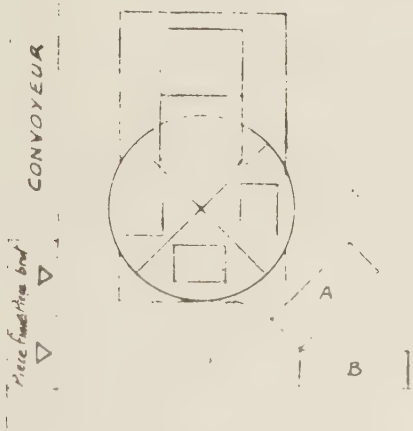
- MODE OPERATOIRE -

77535

ETABLIS LE	DESSIN	PREPAR	OPERATION	TRANSPORT	CONTROLE	ATTENTE	STOCKAGE
6.10.66	Labussiere	Agostini	○	⇨	□	D	▽

N° DIFFUSION 866

CROQUIS POSTE



Evacuer carter visse sur convoyeur	⇨	⇨	Evacuer carter visse sur convoyeur
Attente	D	D	Attente
Action sur securite - Pivotement	○	○	Action sur securite
Poser et visser (B) sur carter	⇨	⇨	Poser et visser (B) sur carter
Prendre 1 vis (B) main droite	⇨	⇨	Prendre 2 vis (B)
Evacuer excedent (A)	⇨	⇨	Evacuer exedent (A)
Poser et visser (A) sur carter	○	○	Poser et visser (A) sur carter
Prendre quelques vis dans main (A)	⇨	⇨	Prendre quelques vis dans main (A)
Prendre sur convoyeur et poser sur montage carter et couvercle	⇨	⇨	Prendre sur convoyeur et poser sur montage carter et couvercle

Assemblage couvercle sur carter

1500-1	428	Carter d'embrayage et Couvercle de diff. prep.	130400	30

141

fig. 159

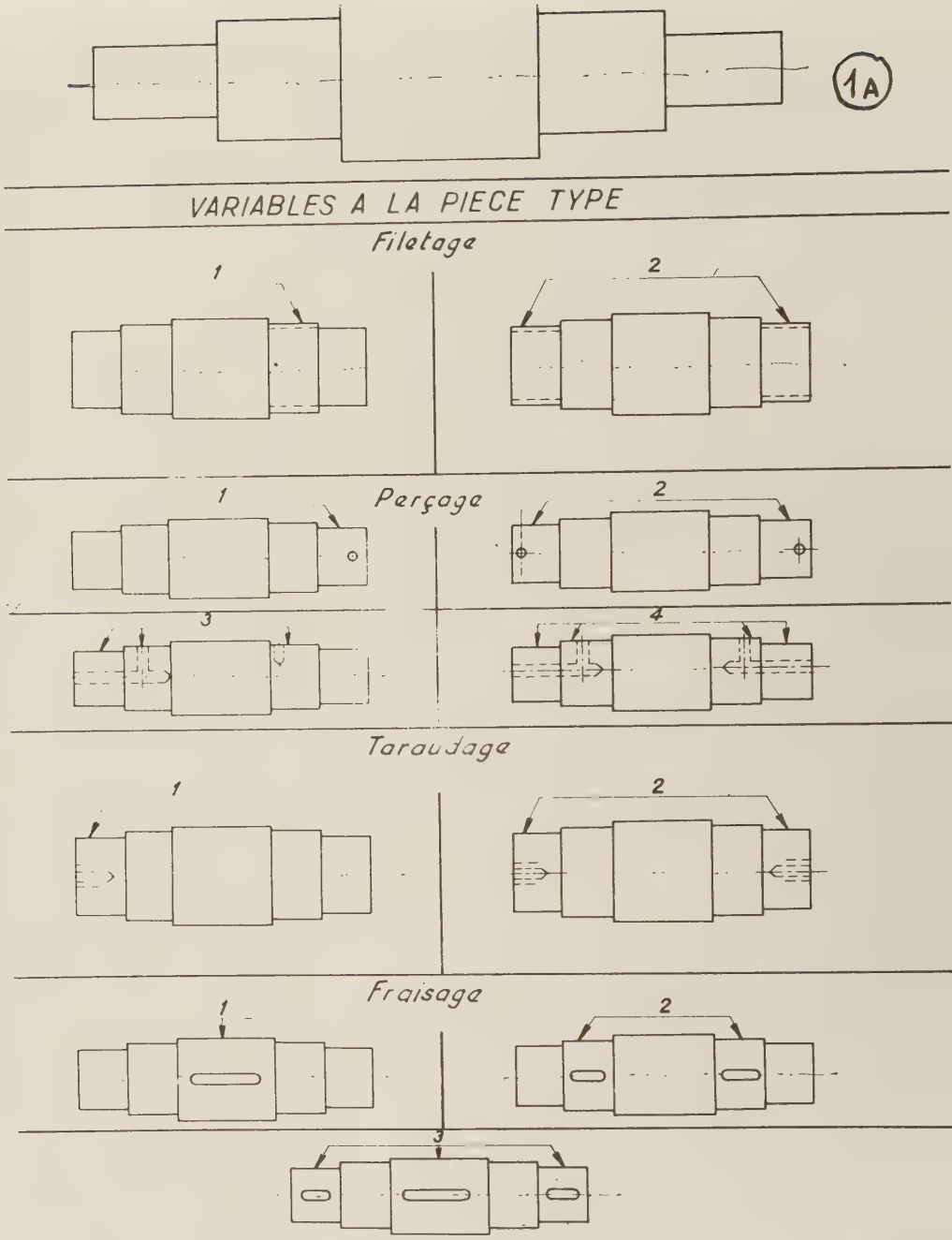
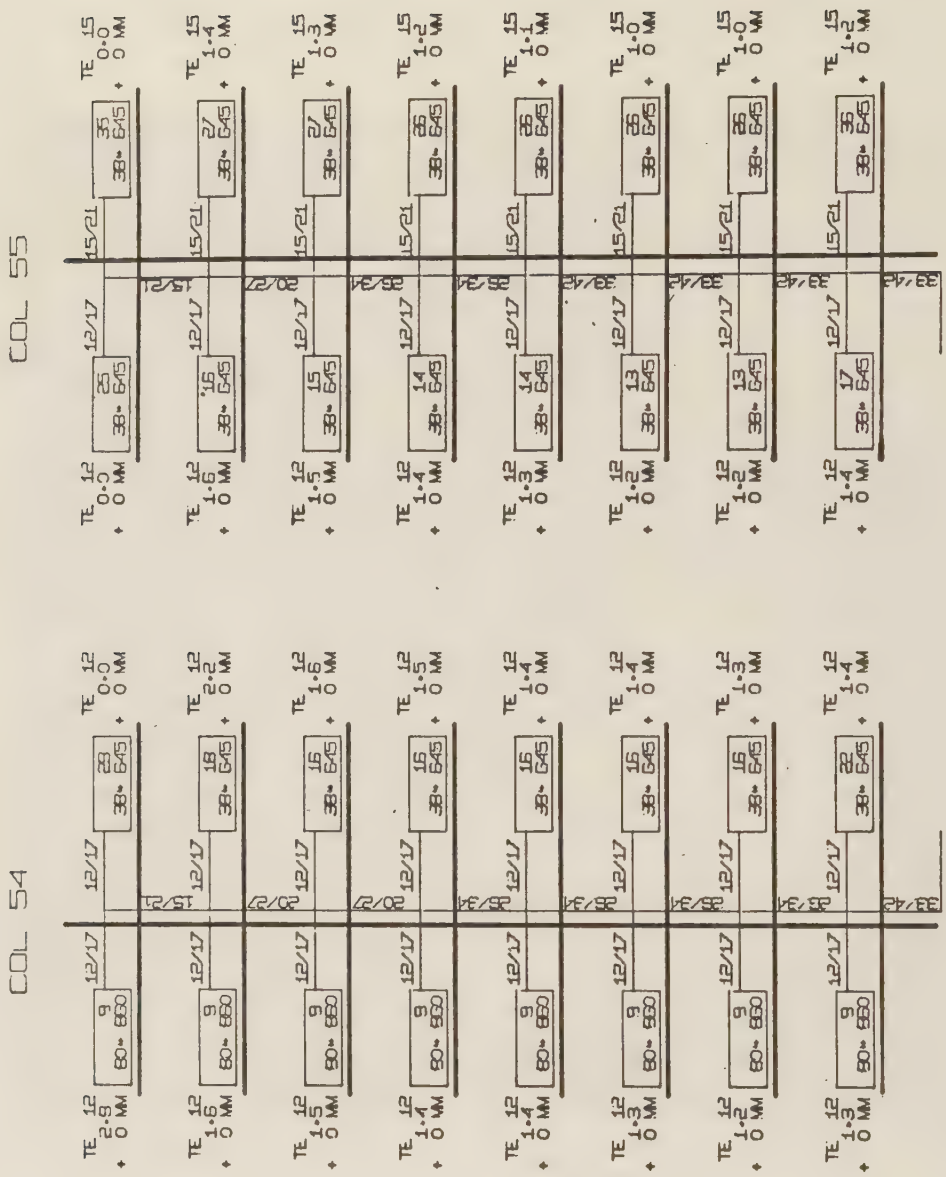


Fig.160

Pièce type découlant de la pièce type 1_A et formes apparentées, document CEGOS.

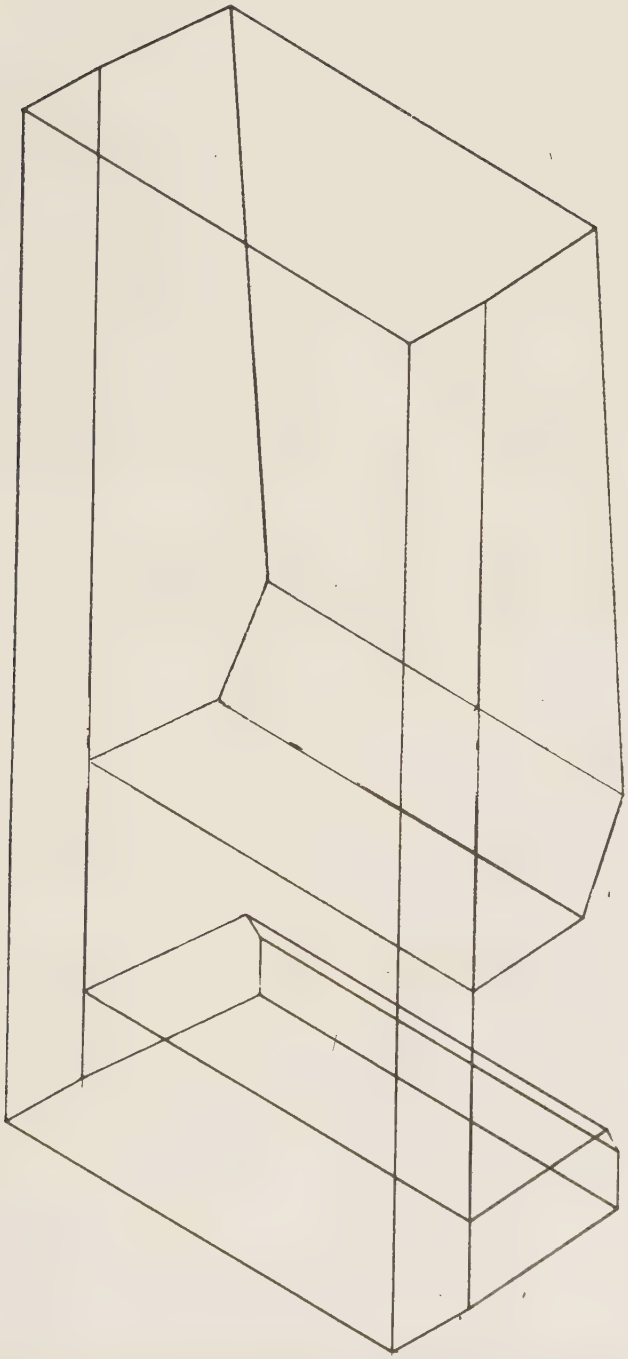
Travail sur console graphique. On peut lire sur le côté droit du dessin : générer, ajouter à, translater, agrandir, faire briller, effacer.
TECHNIQUE, décembre 1972, n°3, (n° spécial de la visualisation).

Fig.161



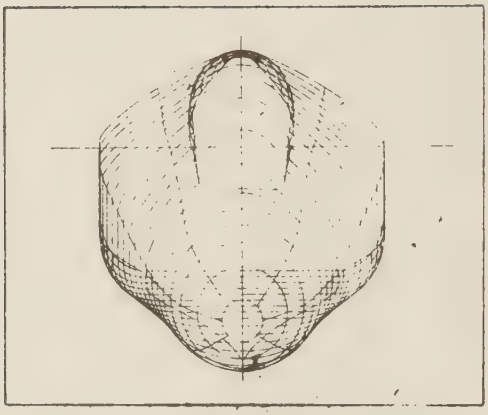
Calcul et dessin automatique d'une installation de radiateurs dans un immeuble, (dessin partiel),
document COSTIC, St-REMY-LES-CHEVREUSES, client SANIT,
Cherbourg, octobre 1971.

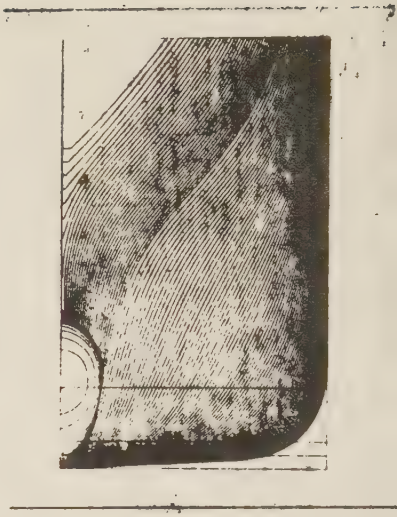
fig. 162



Recherche de formes, dessin automatique. Cette même pièce peut être présentée de sept façons différentes en faisant varier les angles de fuite et les rapports de réduction.
Expérience L.T.E. BELIN VESOUL et L.T.RASPAIL PARIS, (1972).
Le programme ne permet pas la discrimination des arêtes cachées.

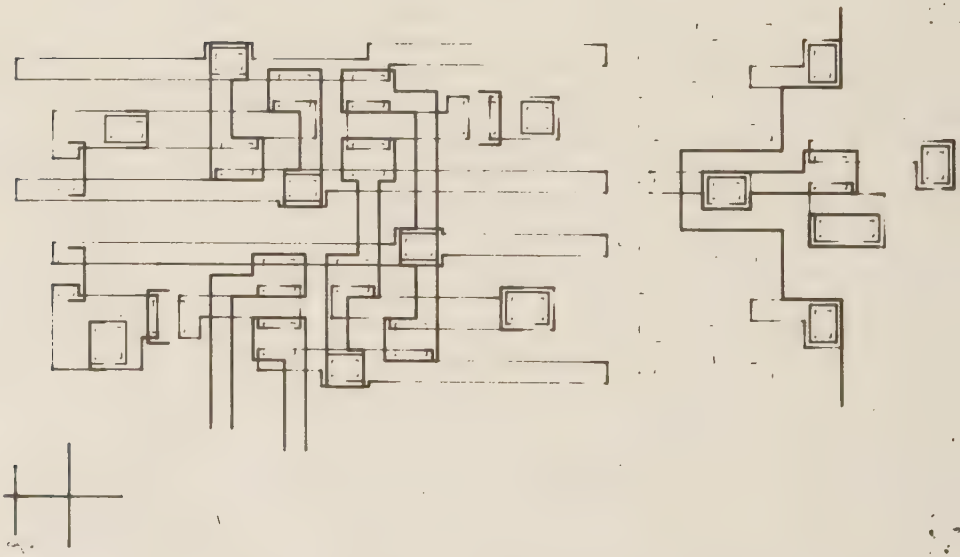
fig.163





Conception automatique, épures à la table traçante, avant d'avion et couples d'un navire, doc. KONGSBERG, (1974).

fig. 164



Eléments de circuits éléctroniques, (échelle 400), dessiné en automatique, document TEXAS-INSTRUMENT, NICE (1973).

fig. 16

Equidistance : 8,8 mm

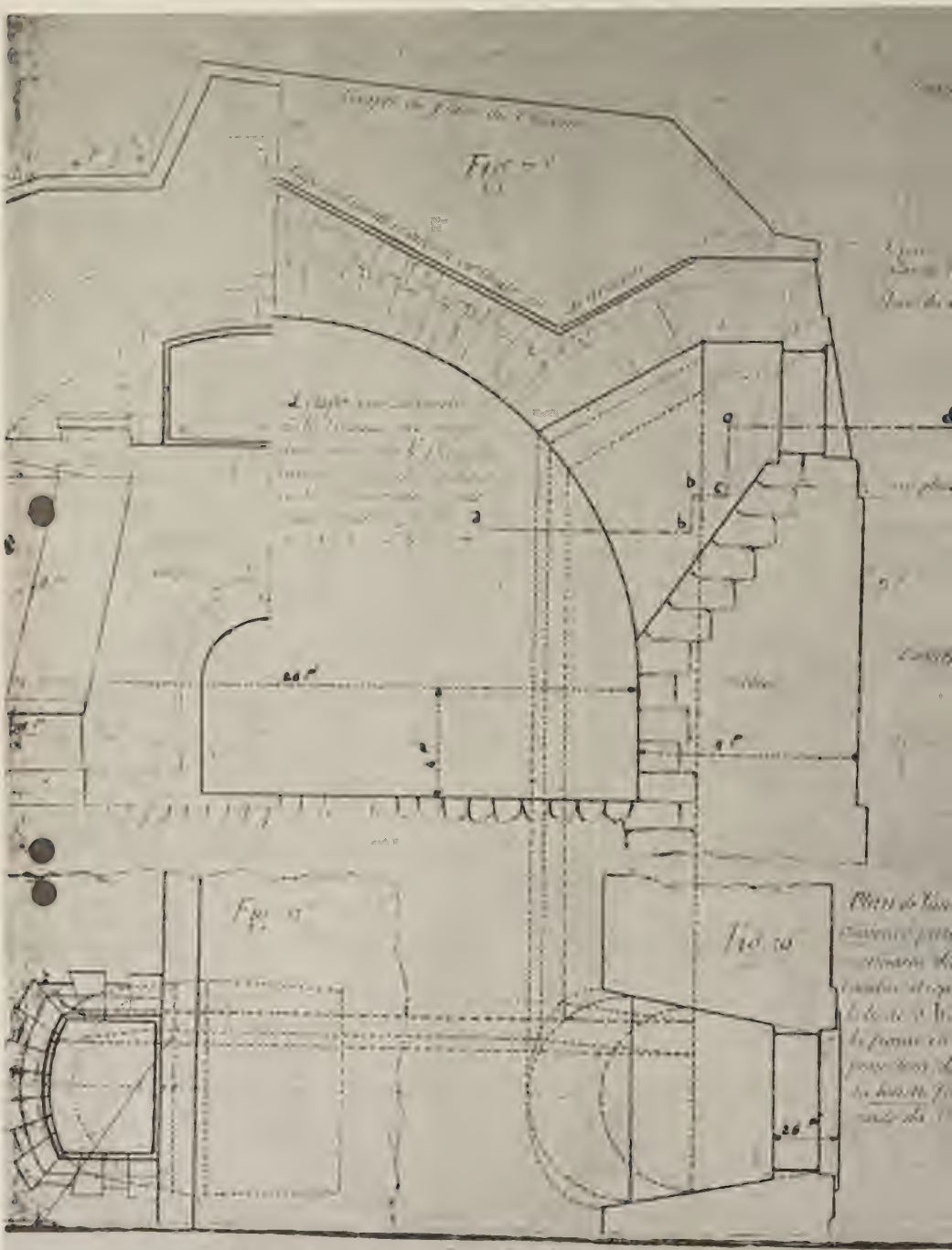
Echelle : 1/8,8

Photogrammétrie : pale de turbine, intrados (partiel), doc. I.G.N., (1973).

fig.166

Photogrammétrie : choeur du collégial St. QUIRIACE (XIIe siècle), PROVINS, doc. I.G.N., (1968).

fig.167

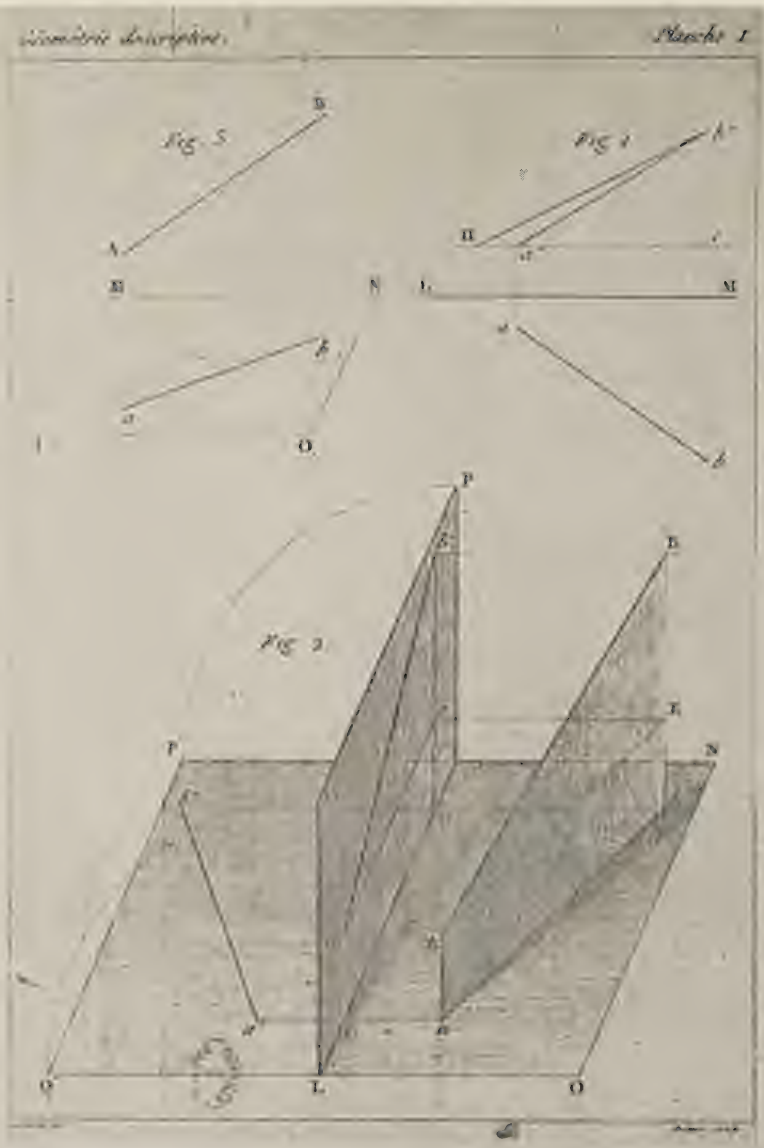


Recherche de points remarquables et cotation
École du génie de Mézières : exercices sur le tracé, le relief
et la construction des fortifications, angle intérieur de la
Feuille n°9. (1780).

fig. 168

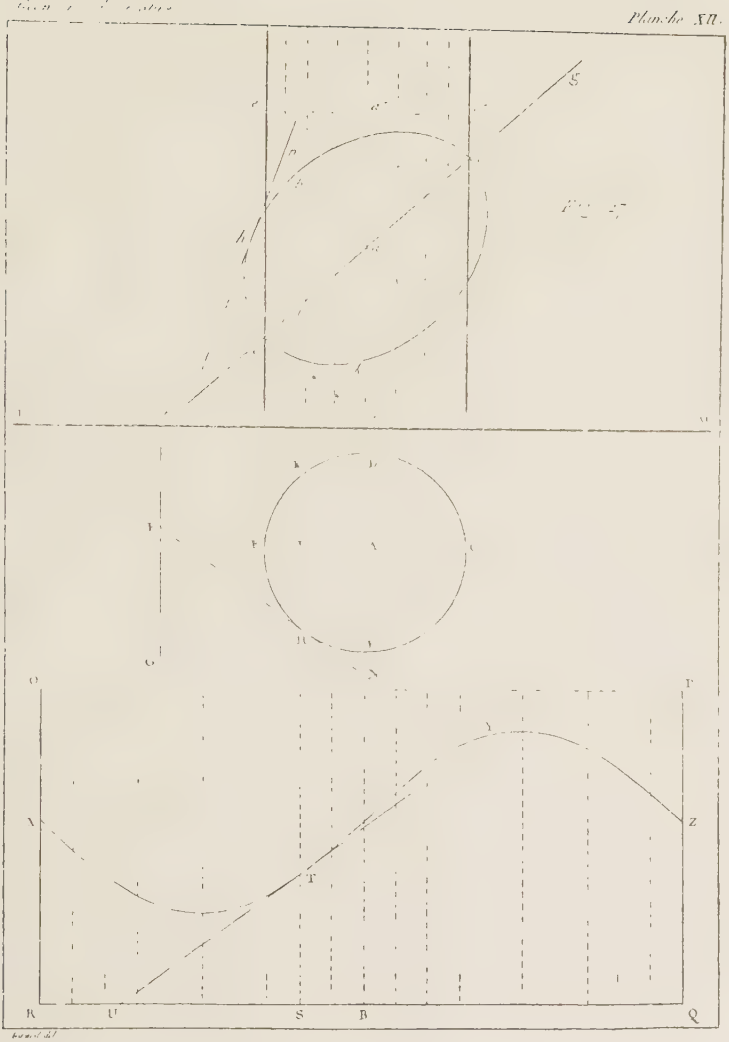
CETTE Planche contient deux manieres de representer en geometral des Solides [illegible] ensemble leur [illegible] situation. Celles d'embas est [illegible] par l'entaillement. Laquelle maniere n'est d'ordinaire pratiquée que des Ingenieurs, en la representation geometrale des Plates formes, des Sieges de Villes, Cartes geographiques, & semblables ouvrages.

Elle [illegible] de la maniere de mes grands ouvrages. Elle est [illegible] pour ceux qui travaillent en relief, & pour des Estampes & autres [illegible] plus que par elles elles peuvent facilement [illegible] la forme & situation des divers solides, sur la pieds, [illegible] & [illegible] & [illegible] &



Technique d'une mise grandeur, MONGE (G): géométrie descriptive (1799). Pl. 1.

fig. 170



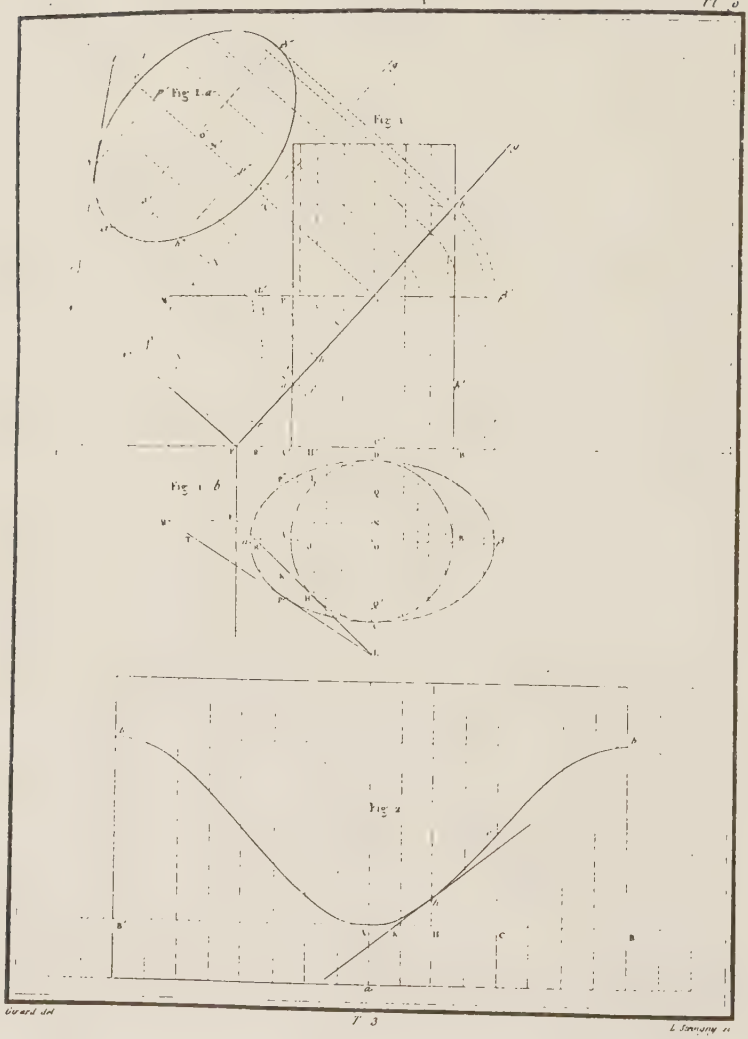
Pl 12

fig. 171

Cours de Géométrie Descriptive, par M. Hachette.

Intersections de Surfaces par des Plans.

Pl. 9



Girard del.

T. 3

L. Sonnigny sc.

Pl. 9.

Fig 172

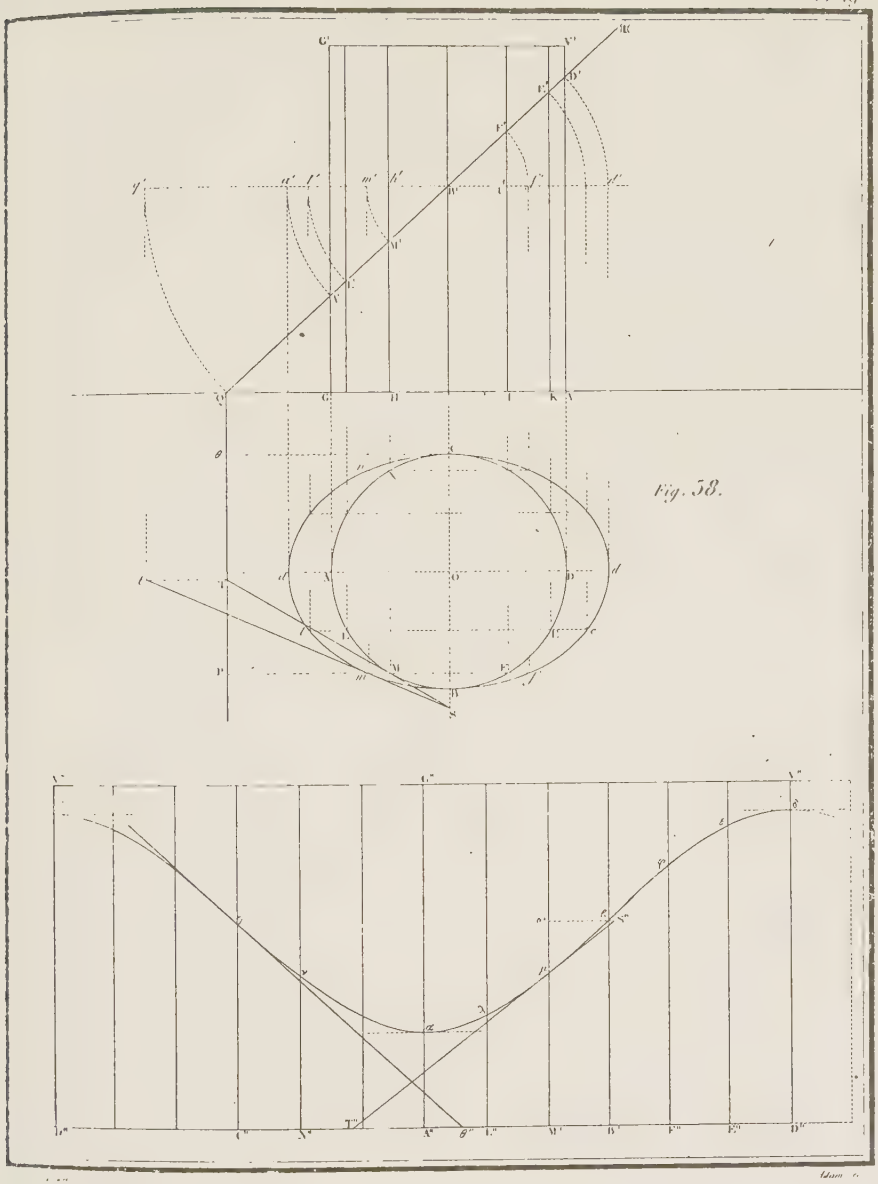
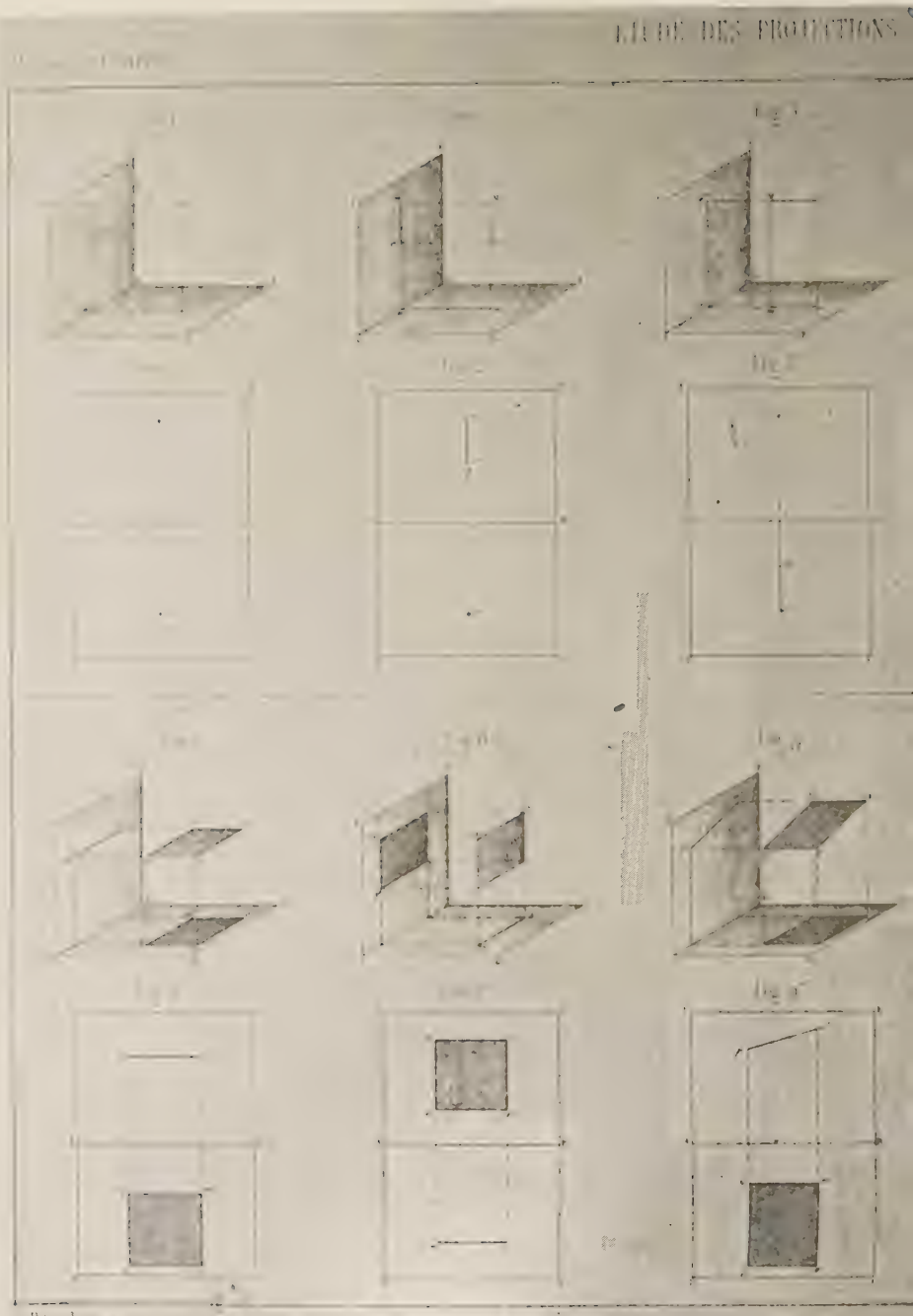


Fig. 58.

Adam sc.

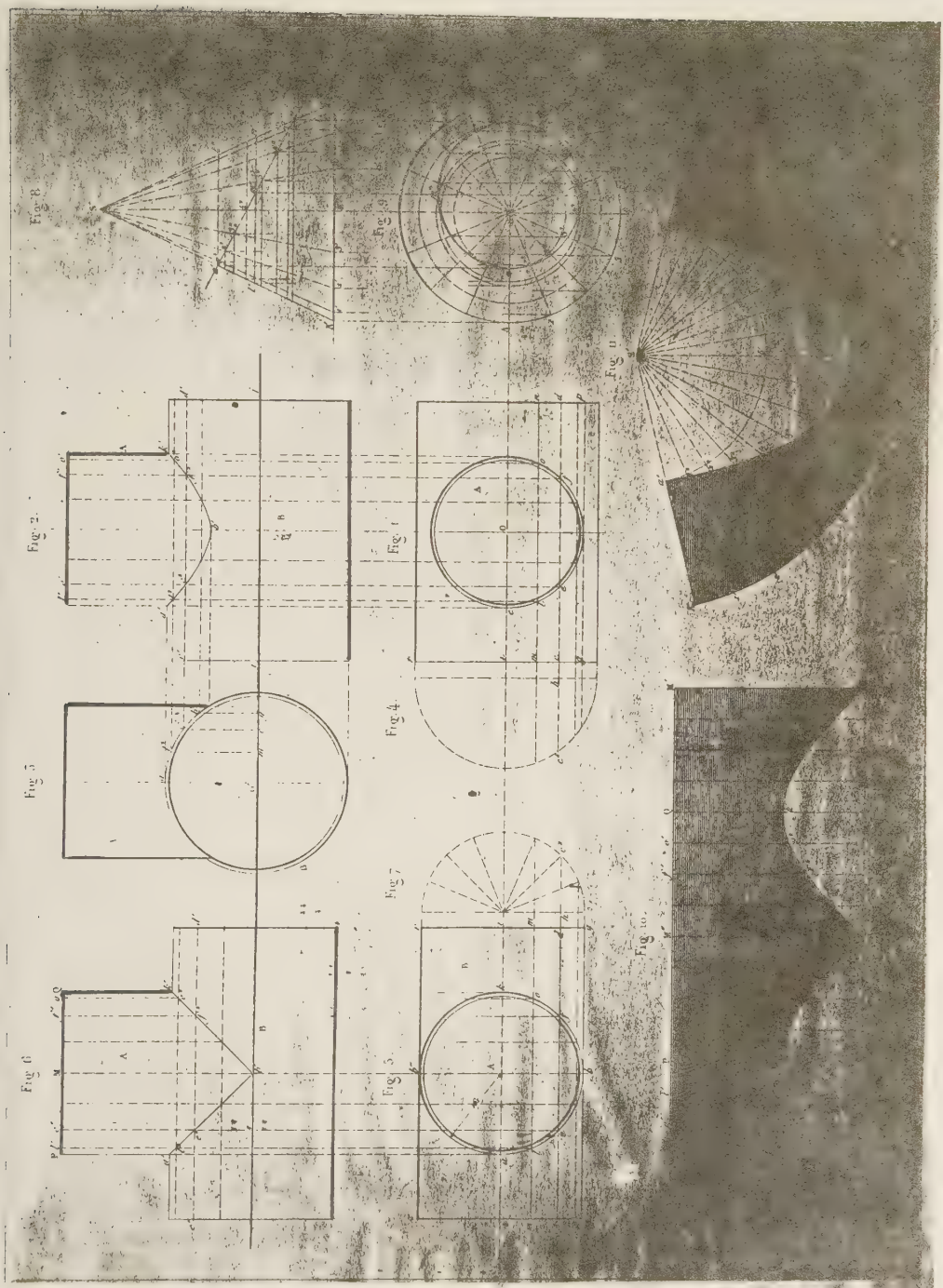
p. Tracées d'un [illegible] et d'un plan. LEROY (C.F.A.) : Traité de Stereotomie (1844). Pl. 19.

fig. 173

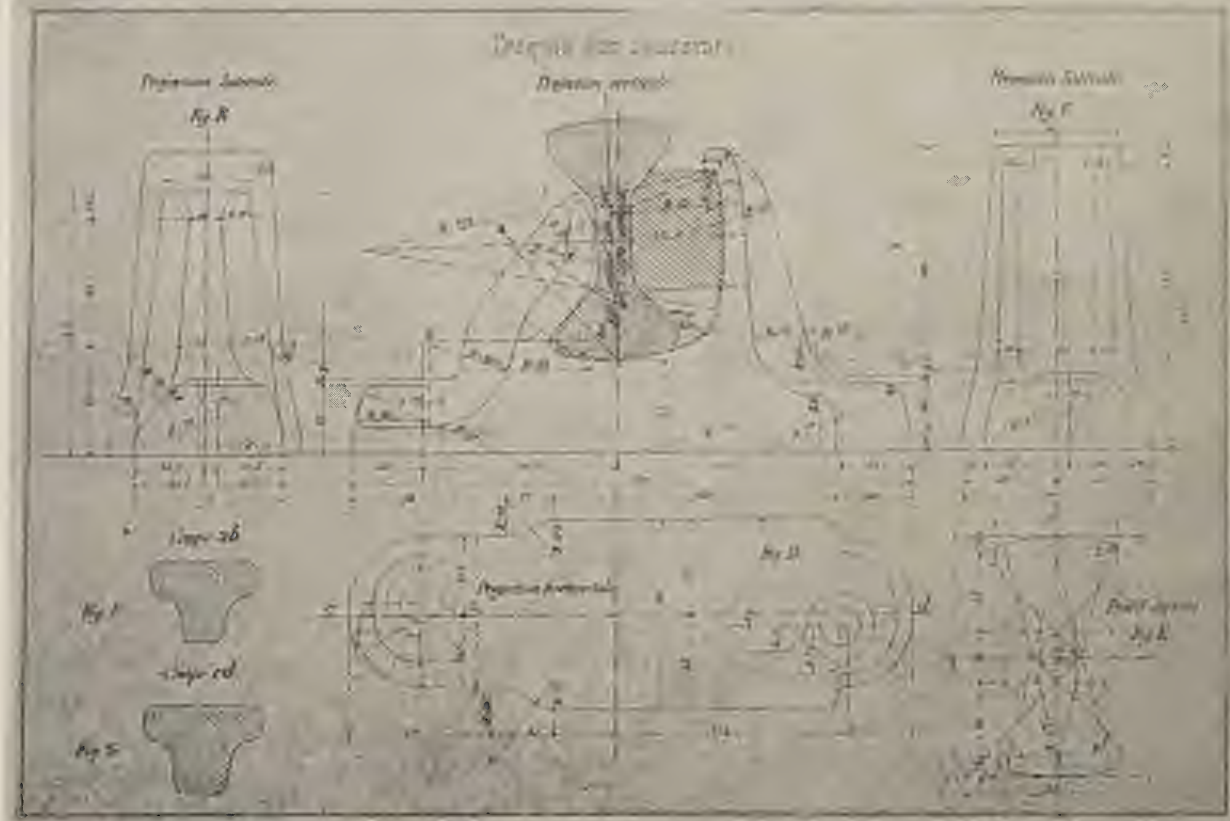


Nouveau cours raisonné (1847) pl. 6

Fig. 17

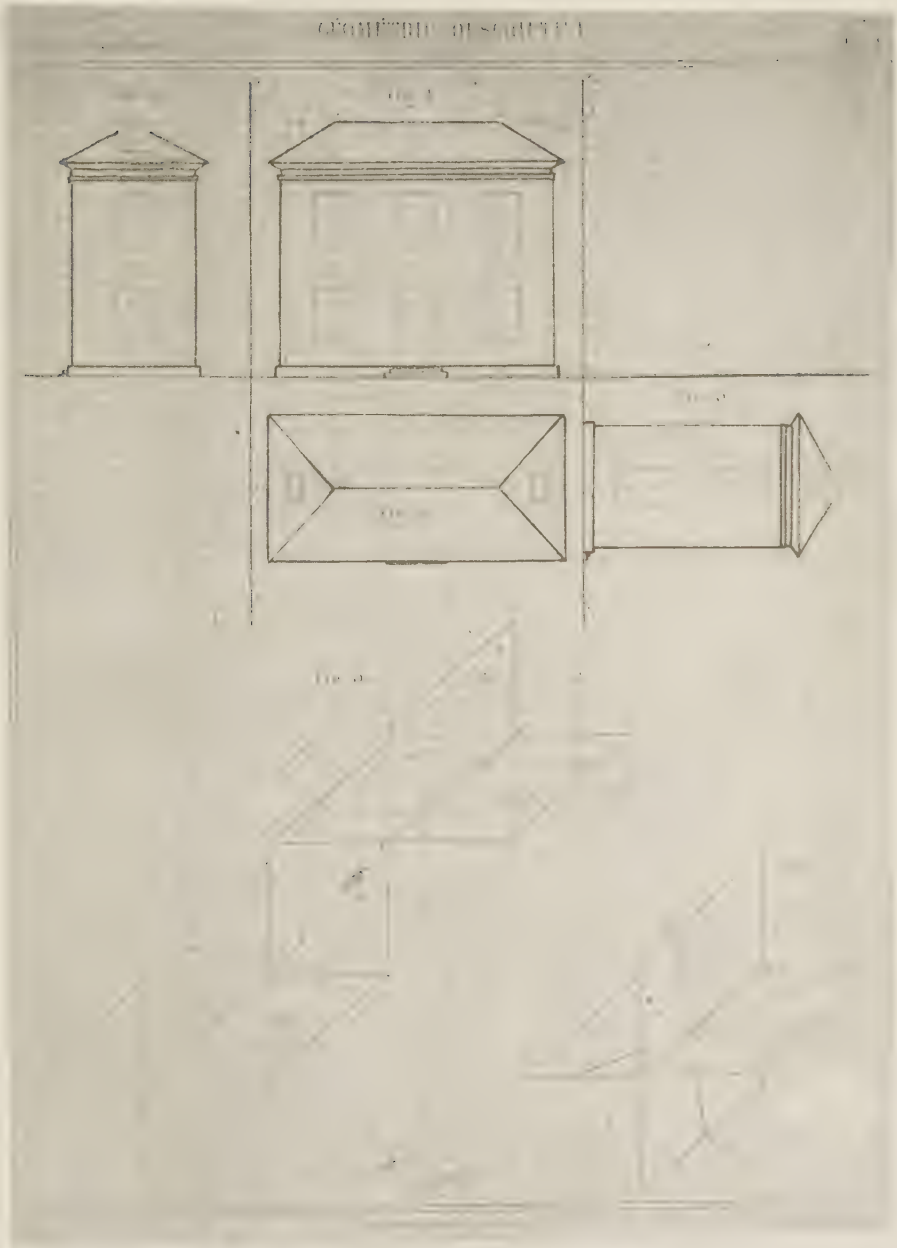


Intersections de cylindres. ARMENGAUD (Aîné), ARMENGAUD (Jeune) et AMOUROUX : Cours élémentaire de dessin industriel (1850).



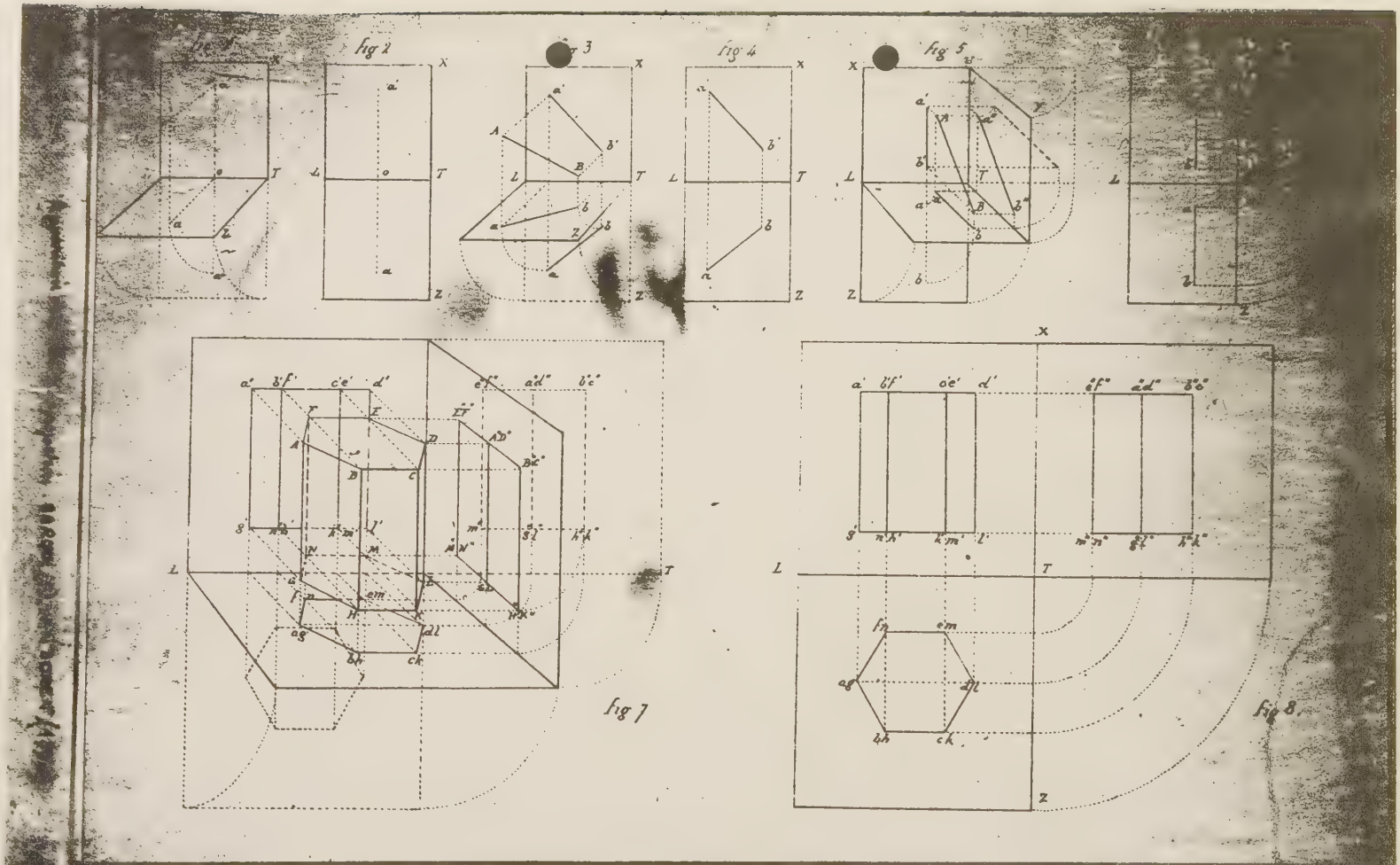
Cloques coté cuivre quelques projections. BARDIN (G), Cours de demi industriel (1866).

Fig. 176



[illegible] (1973), p. 1

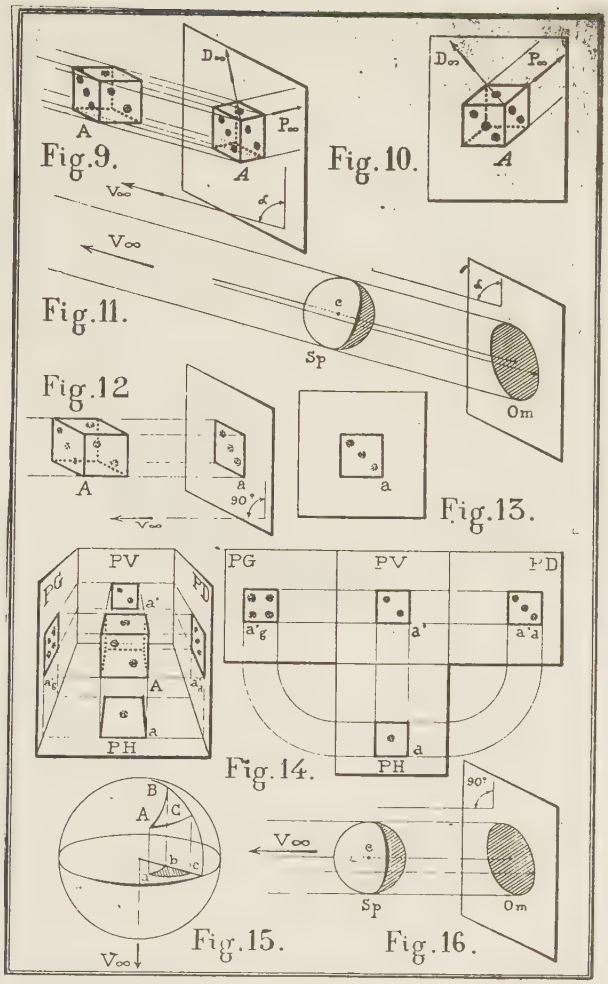
Fig. 177



BORQUI et Mme VAN-DOREN, del. 1874

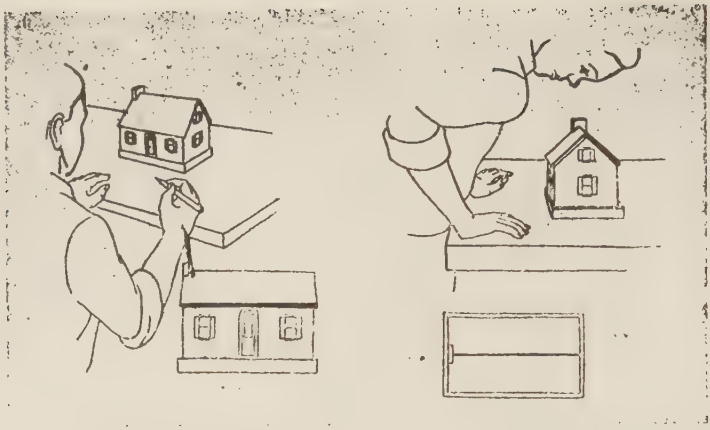
Imp. Typo. et Litho. C. BABORIER

ALPHABET DU POINT ET DE LA LIGNE



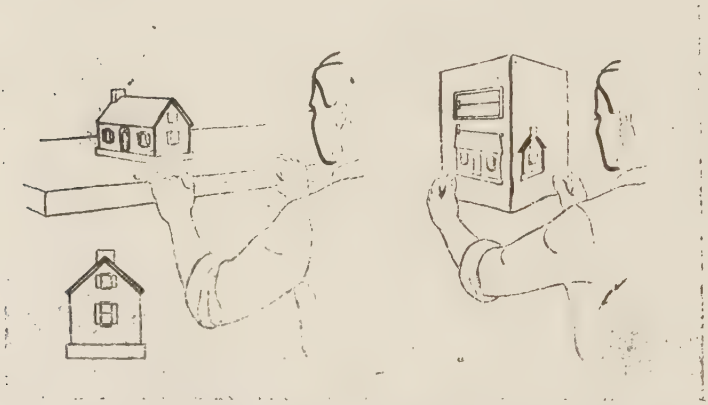
Boîte de projection. PILLET (F.J.) : Communication au IIe. Congrès international du dessin, Berne (1906).

Fig. 179



12-3. Look at the front of the coin bank, as this fellow is doing. This front view shows the height and length, as well as details of the front surface.

12-4. The top view shows the width and length, and details of the ridge, chimney, and gutters.



12-5. The right side, sometimes called the end view, shows the height and width, and side details—windows, etc.

12-6. This is the way the three views of the bank are placed on a paper, folded to show how the views are drawn.

Méthode directe, FEIRER (J.L): Drawing and Planning, (1956).

Fig. 180

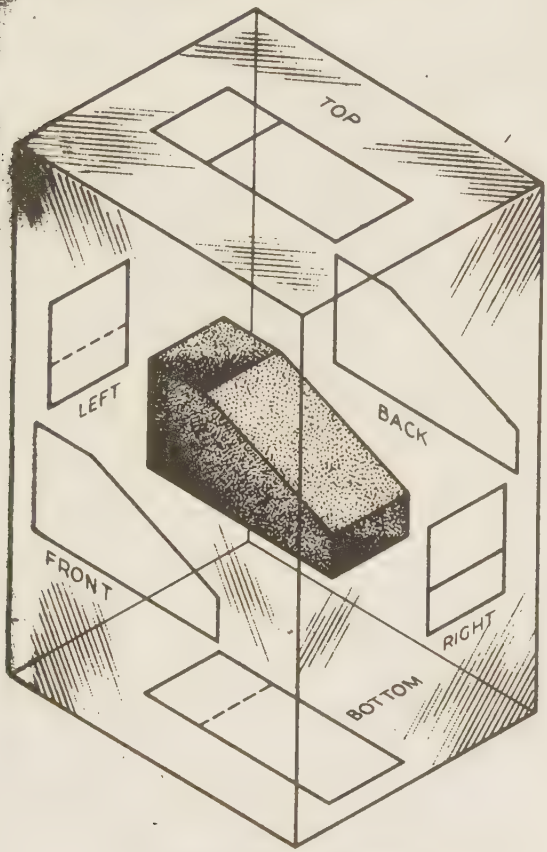
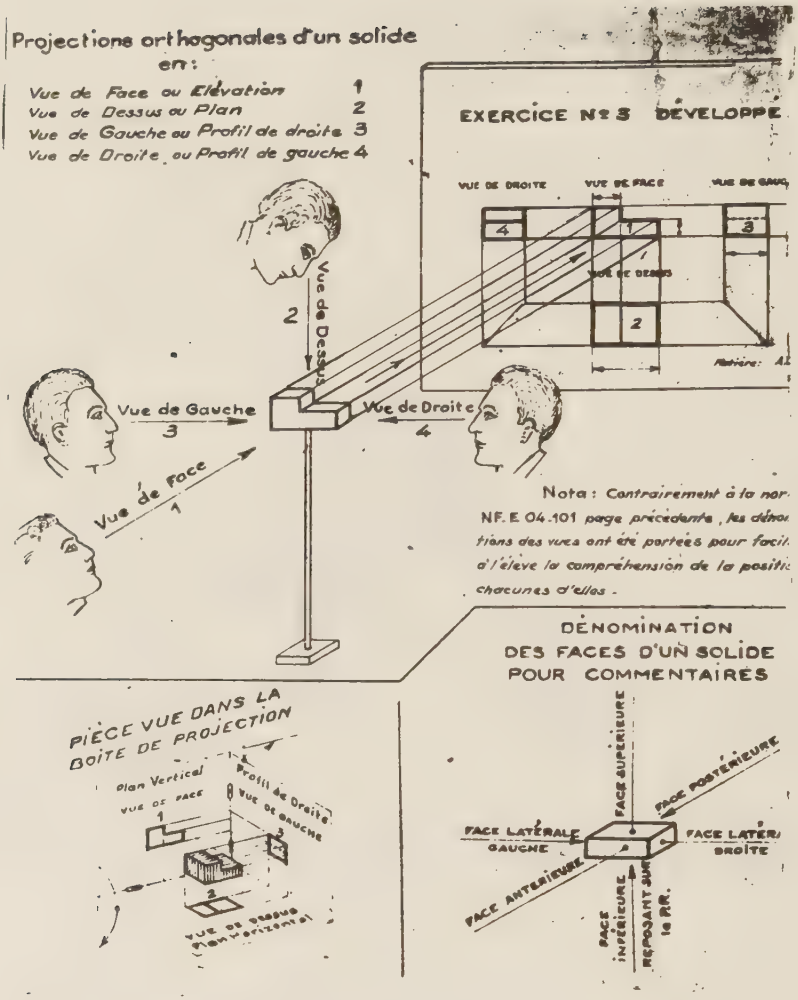


Fig. 117. The "Glass-Box" Method.

Méthode de la Glass-Box, LOMBARDO (J.V.): Engineering drawing (1956).

Fig. 181



Représentation sur un plan d'un objet dans l'espace. BELVALETTE (P.) : Cours de dessin industriel (1959).

Fig.18

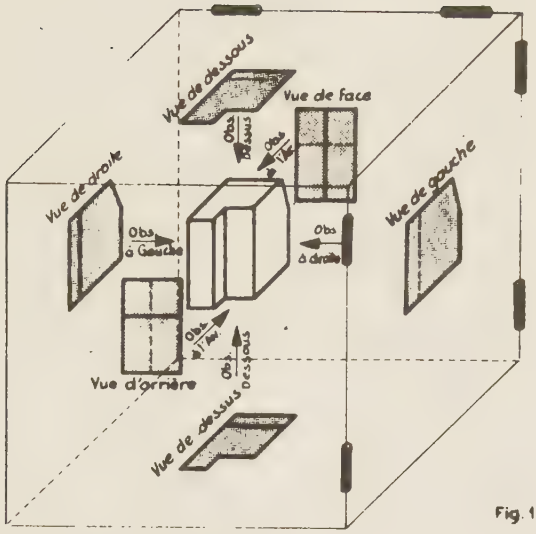


Fig. 1

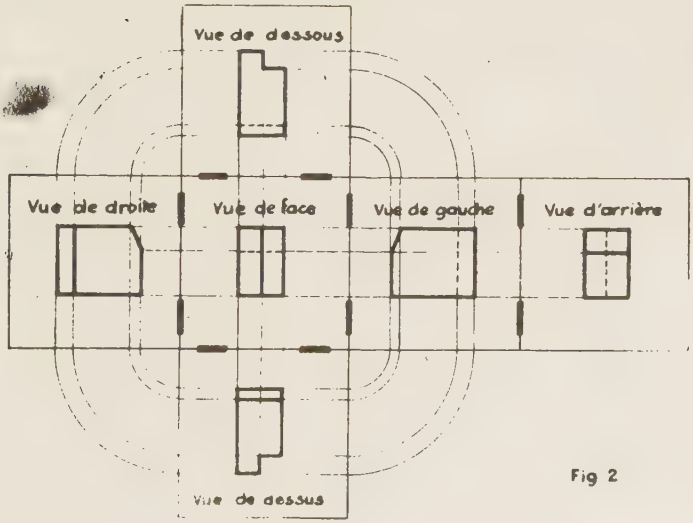
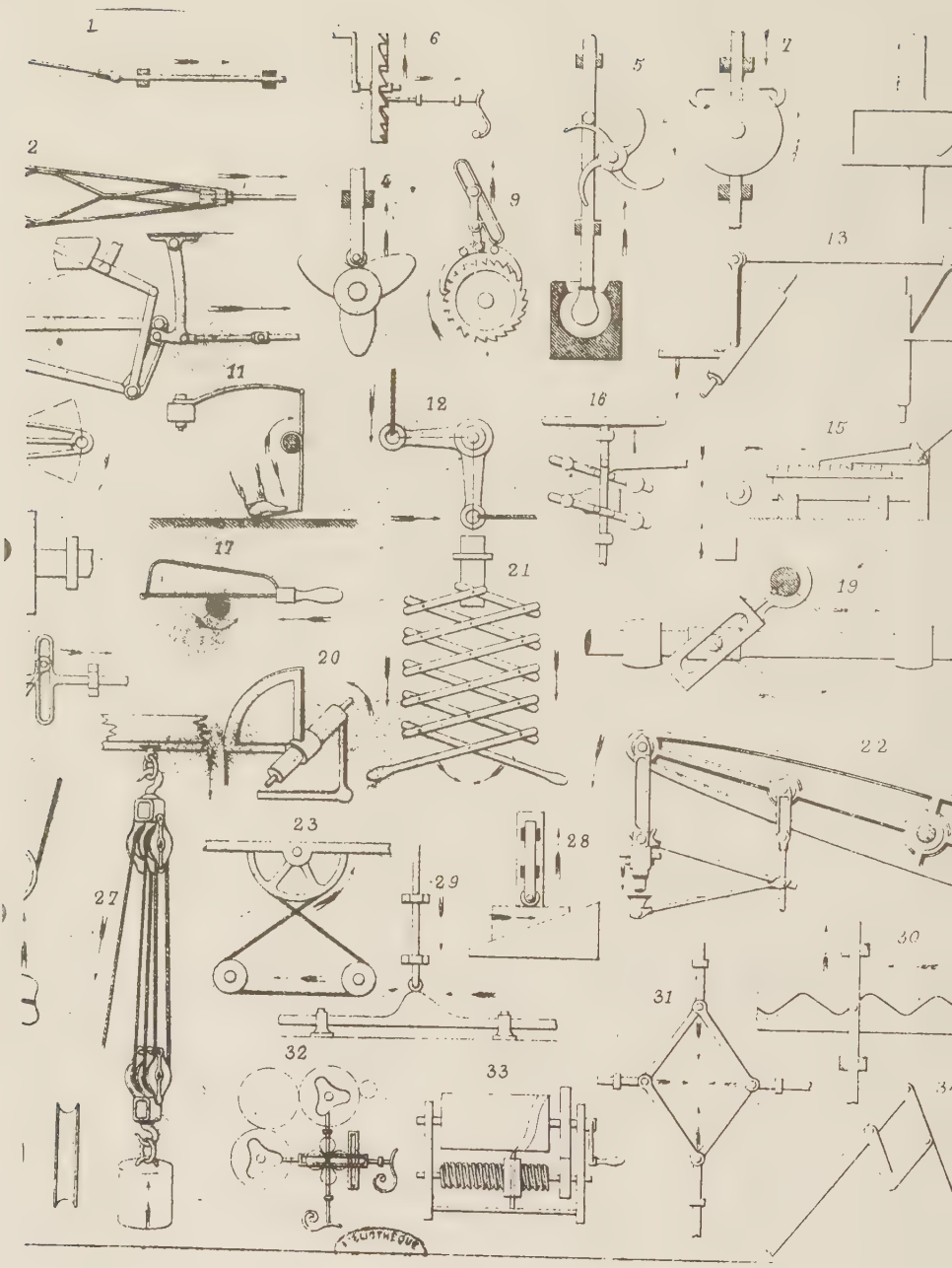


Fig 2

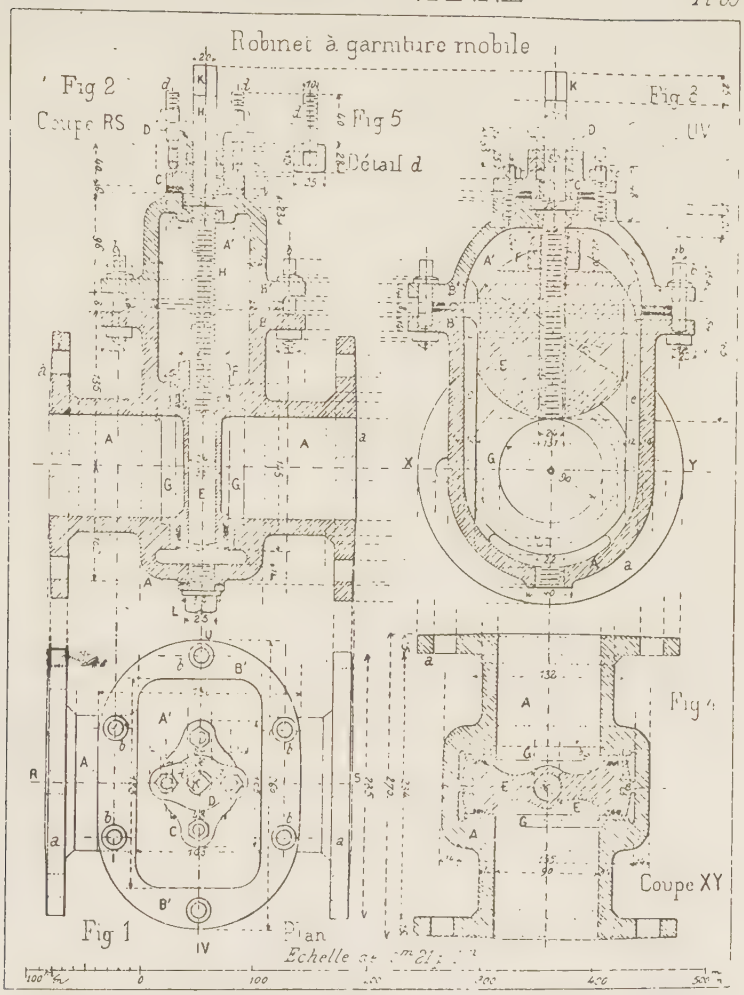
Projections, FAVERJON (R.) : R22. Cours de dessin (1962).

Fig. 183



...nique des solutions : transformation de mouvement. BARDIN : construction des machines, 3ème partie, pl. 3 (1864).

Fig. 1



Dessin technique *L. Bécourt*

Planche 69. — Robinet-Vanne.

(5 séances de 1 h. 1/2).

§ 29. — **Légende.** — Ce modèle est en usage dans le service des eaux de Versailles, Saint-Cloud et Meudon. Il est dû à M. Douchain, inspecteur principal de ce service, et il a été construit par MM. Muller et Roger, à Paris.

Le corps de ce robinet se compose comme précédemment de deux *boîtes* A et A', armées de *tubulures* B et B' que relient six *boulons* b, b. Les tubulures latérales de la boîte inférieure A portent deux *brides* circulaires *a*, *a*. La boîte supérieure A' ne forme pas couvercle; elle est surmontée d'un *chapeau* C que fixent deux *boulons* c, c et sur lequel un *presse-étoupes* D est maintenu à l'aide de deux *boulons à étrier* d, d.

La *vanne* E est un disque en bronze renflé en son milieu et aux faces légèrement inclinées : elle est guidée par deux *languettes* e, e qui s'engagent dans des rainures latérales pratiquées dans son épaisseur. L'*écrou* F, qui transmet l'action de la tige, est aussi en bronze. Les *anneaux* c de bronze G, G diminuent le frottement et assurent une fermeture hermétique.

La *tige* H est formée au-dessous du *collet* h par une vis à filet carré ; sa partie supérieure tourne entre les *coussinets* I et se termine par le *carré* K.

Un *boulon à vis* L permet de retirer, quand la vanne est fermée, les matières étrangères qui ont pu s'introduire dans la boîte inférieure.

Robinet-Vanne BÉCOURT (L.) et PILLET (J.) le dessin technique (1893)

fig. 185

Deckel

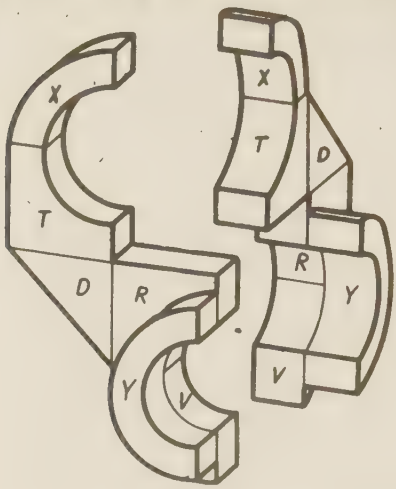


Bild 1. Aufbaumodell (aufgeklappt) in räumlicher Darstellung

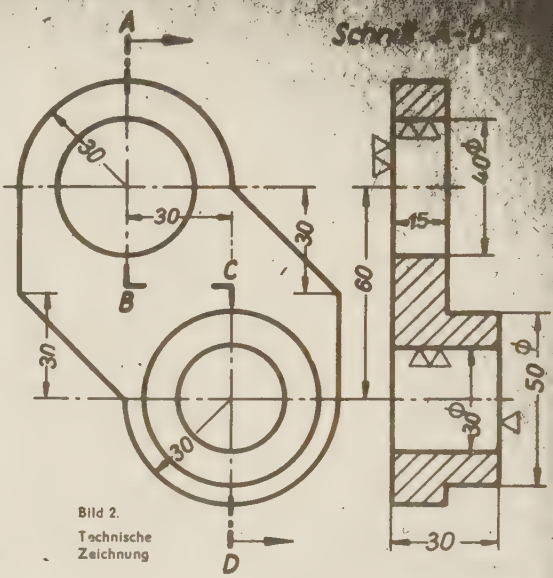


Bild 2. Technische Zeichnung

1. Beim Winkelschnitt verläuft der Schnitt nicht geradlinig, sondern winklig. Der Winkelschnitt wird angewandt, wenn ein gerader Schnitt nicht genug von der Form des Werkstückes zeigt.

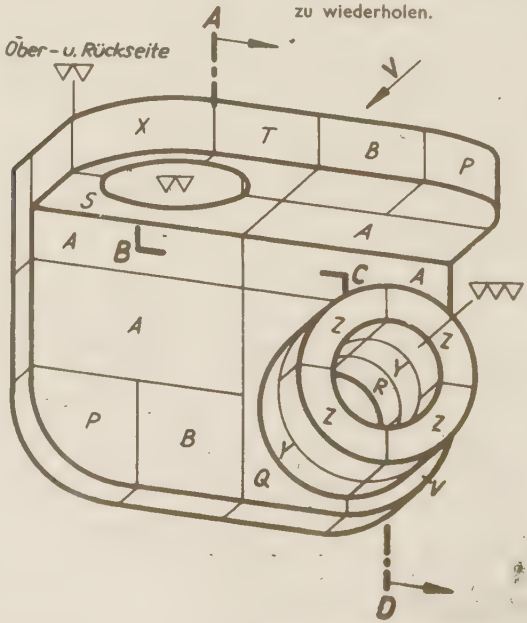
2: Anfang, Ende und die Knickpunkte des Schnittes sind durch dicke Strichpunktlinien und große Buchstaben zu kennzeichnen (Bild 2). Anfang und Ende erhalten ferner gepfeilte Striche in der Sehrichtung des Schnittes. Der Anfangs- und Endbuchstabe sind mit dem Wort „Schnitt" bei der Schnittzeichnung zu wiederholen.

Hängelager

Zeichenaufgabe:

Baue das Werkstück!
Dann zeichne es in Vorderansicht, Draufsicht und Schnitt A D und trage die Maße und Bearbeitungszeichen ein!

Werkstoff: GG — 26



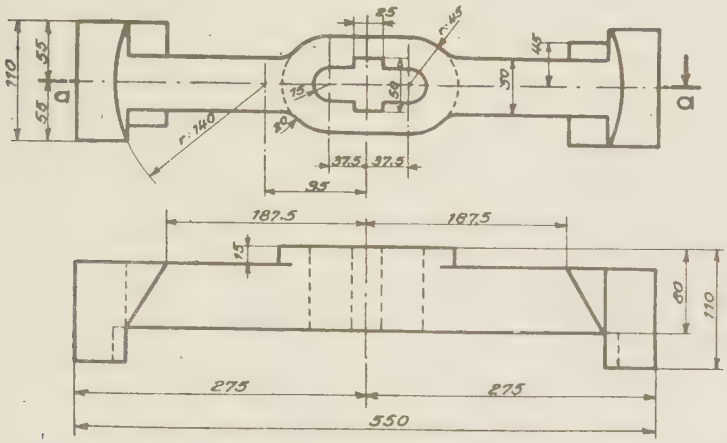
Bauelemente:

4 · A, 2 · B,
1 · Q, 1 · R,
1 · S, 1 · T,
2 · P, 1 · V,
1 · X, 2 · Y,
4 · Z

Décomposition en solides élémentaires, FREDE (L) (1954).

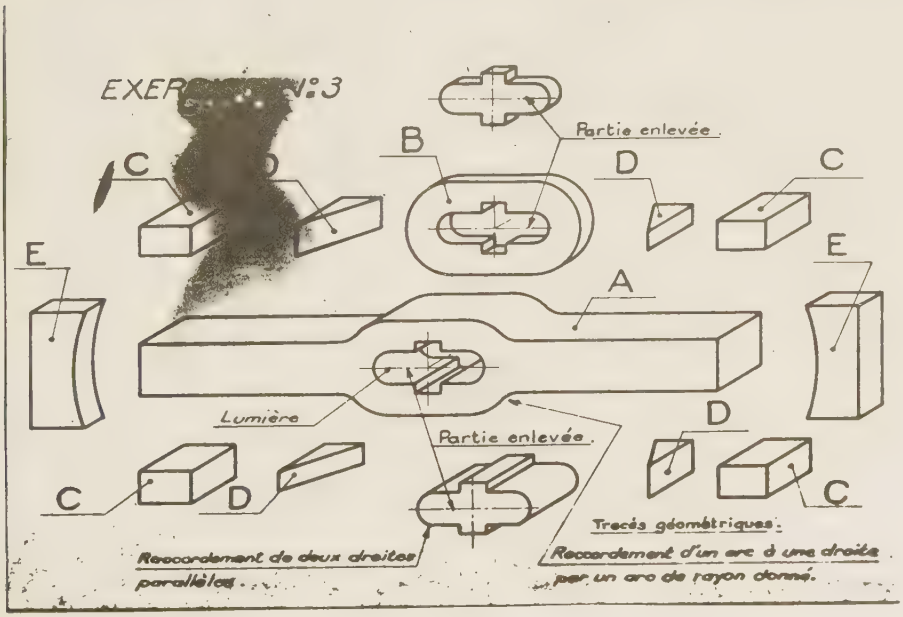
fig. 186

EXERCICE N°3



Exécuter : La vue de dessus
1/2 coupe a

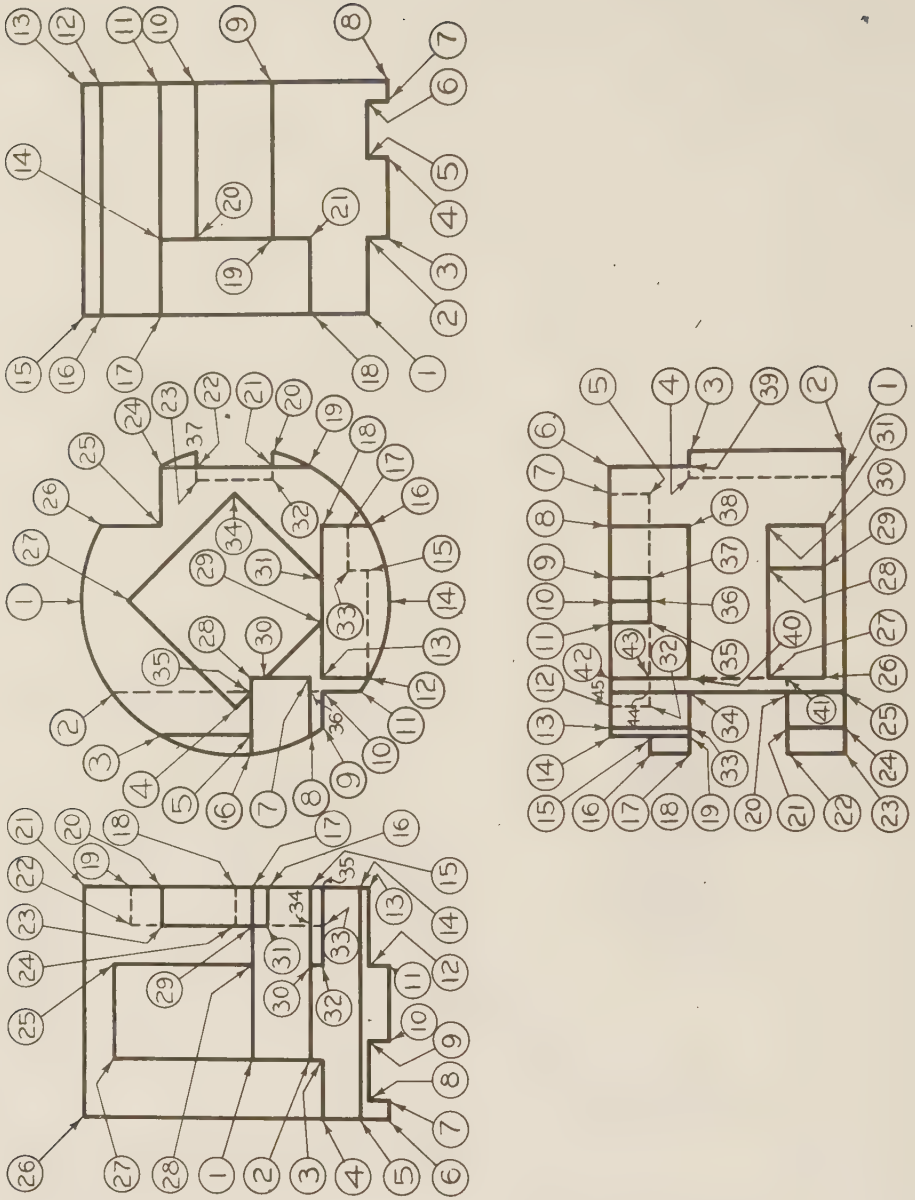
Echelle : 0.2
Matière : Bronze



BELVALETTE (P.), Cours de dessin industriel, ~~[illegible]~~ (1959)

Décomposition en solides élémentaires

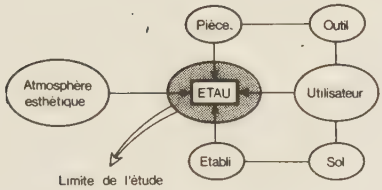
fig. 187

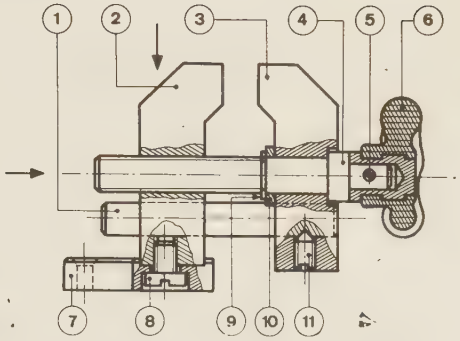


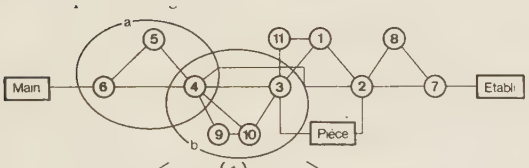
Recherche de surfaces et d'arêtes sur des pièces sans signification
Exercice XXVI de l'initiation au dessin industriel de PAUZÉ, MONTRÉAL, 1965

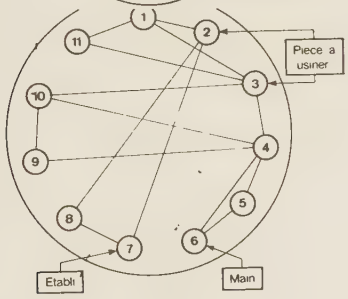
fig. 188

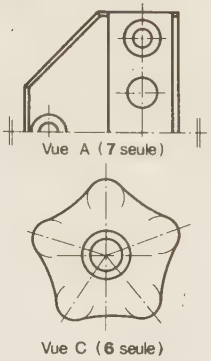
QUELQUES EXEMPLES RELATIFS A LA CONCRÉTISATION D'UNE LECTURE DE DESSIN DANS LES C.E.T.

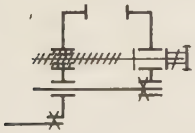


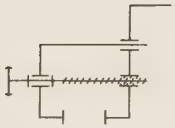


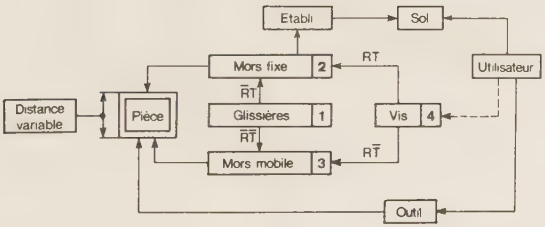












Figures relatives à l'étude d'un étau. G. TILASCONE "Le Cours Industriel", n° 9 (juin 1972.)

fig. 189

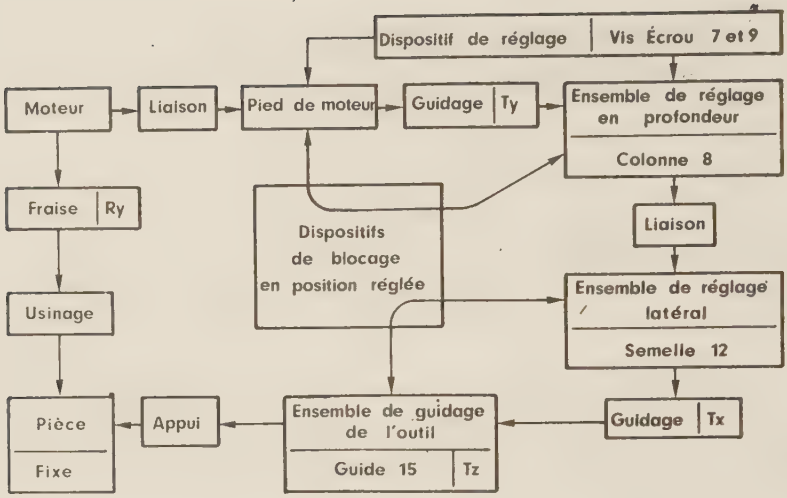


Fig. 106.

1° Assemblage du moteur avec le pied de moteur 2;
2° — du pied de moteur avec la colonne 8;
3° — du dispositif de réglage en profondeur;
4° — de la colonne avec la semelle 12;
5° — de la semelle avec le guide 15;
6° — de la règle 17 avec le guide.

A chaque fois, vous présenterez un schéma simple de l'assemblage.

6-3-3. *Schéma technologique.* — Sur le schéma technologique (fig. 107), disposez les repères des principaux éléments.

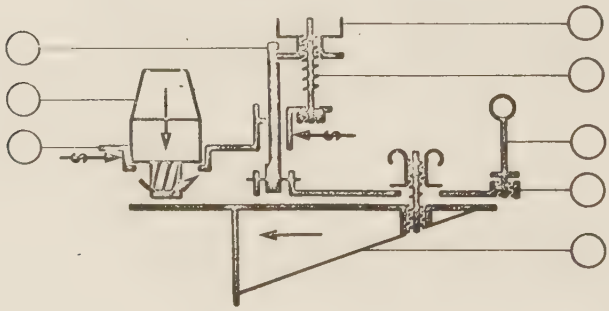
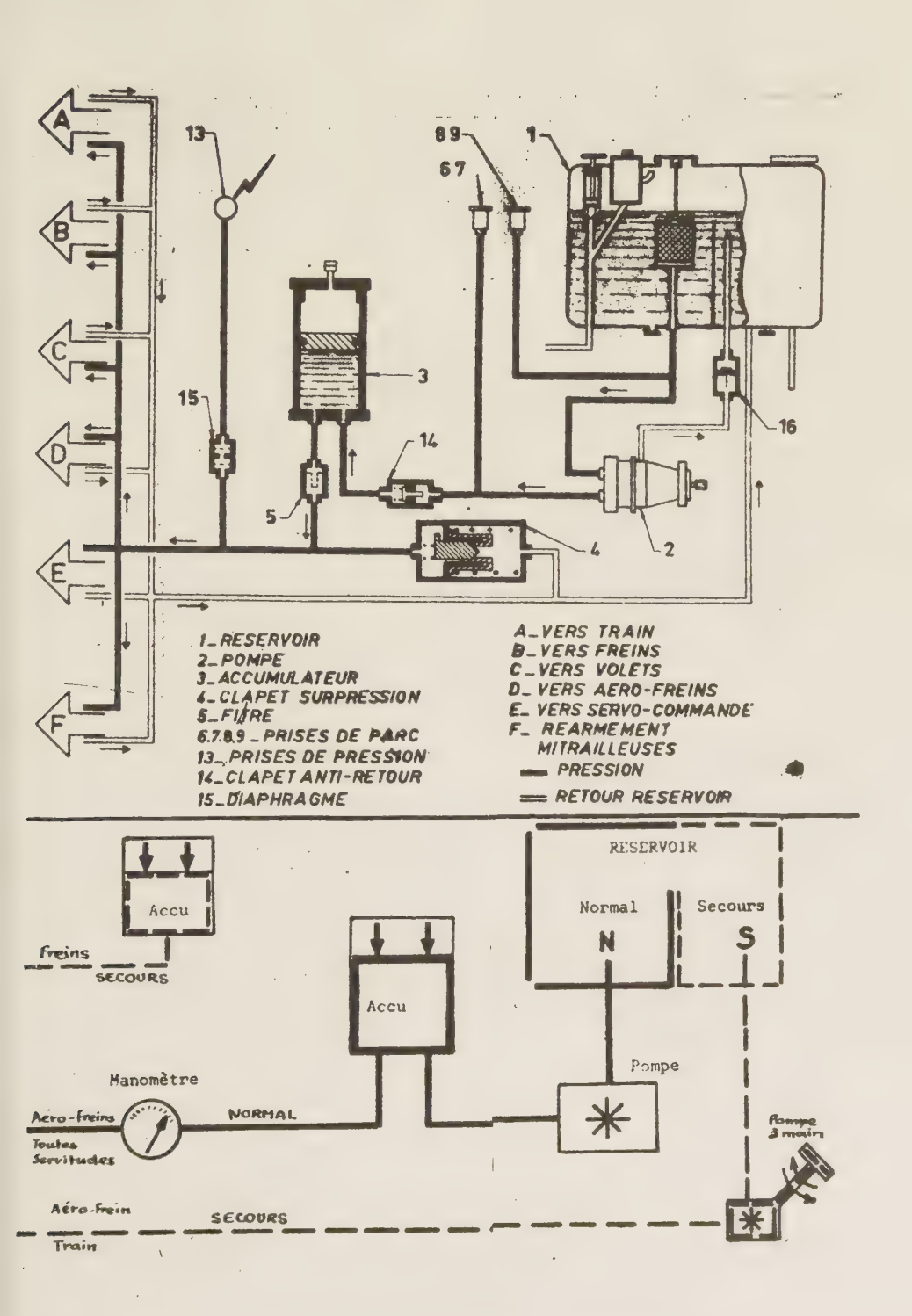


Fig. 107.

Application des programmes, gabarits et schémas TOURNEBIZE, tome 2, (1971)

fig. 190

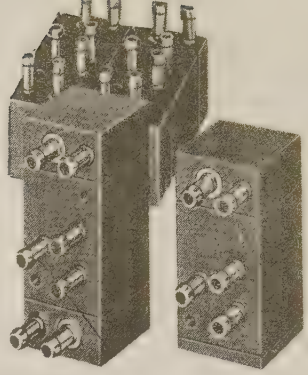


Schématisation d'un dispositif complexe. C.E.R.P. Air (1971).

fig. 191

1'

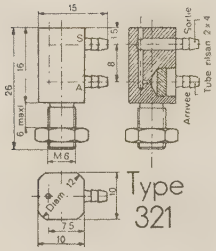
1



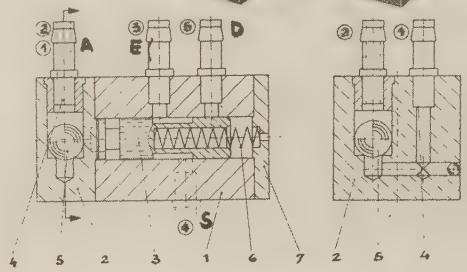
VDI 3229

1 Gehäuse
2 Gehäuse
3 Kolben
4 Schlauchtülle
5 Kugel
6 Feder
7 Flansch

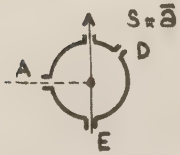
2'



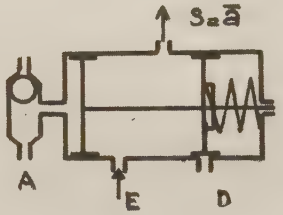
2



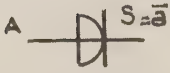
3'



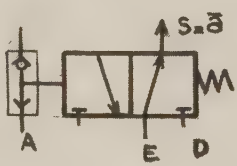
3



4'

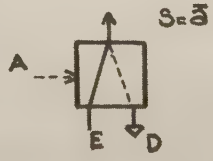


4

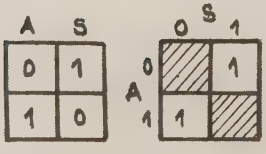


5'

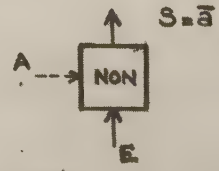
5



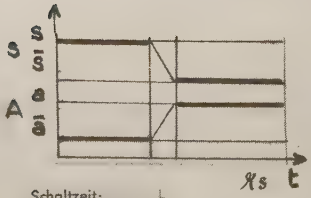
6'



6



7'

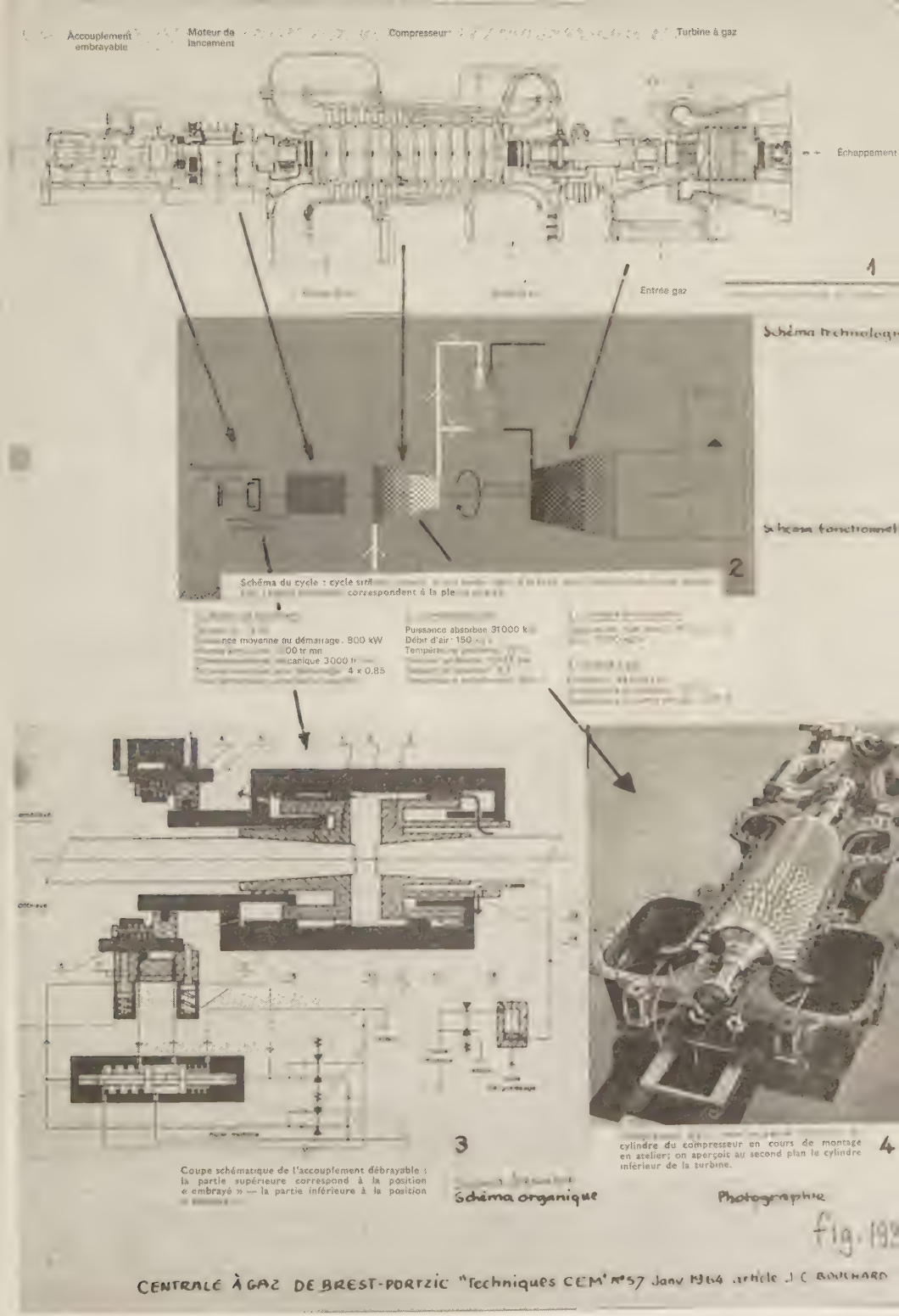


Schaltzeit:

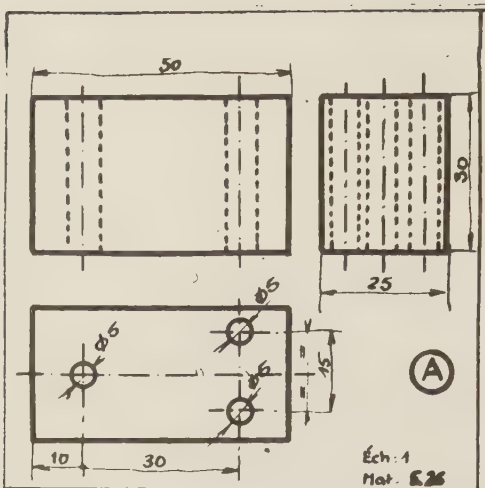
6 bis 8 ms (Leitungslänge am Signaleingang kleiner als 100 mm; p = 2 kp/cm²)

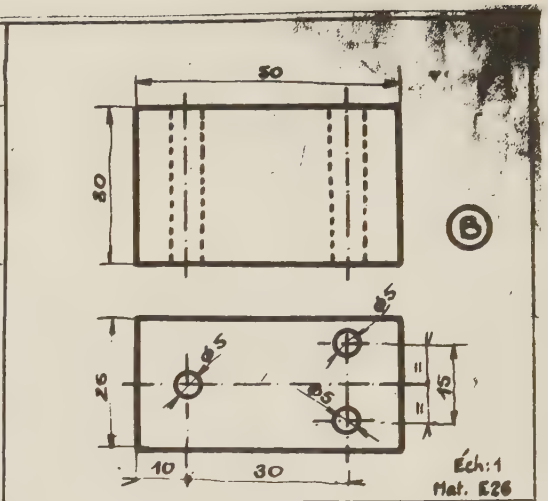
Schematisation diverses

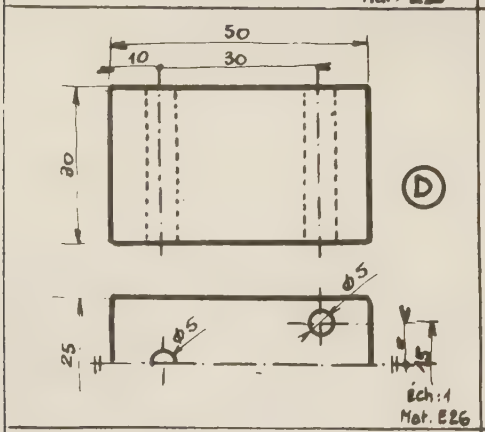
fig. 192

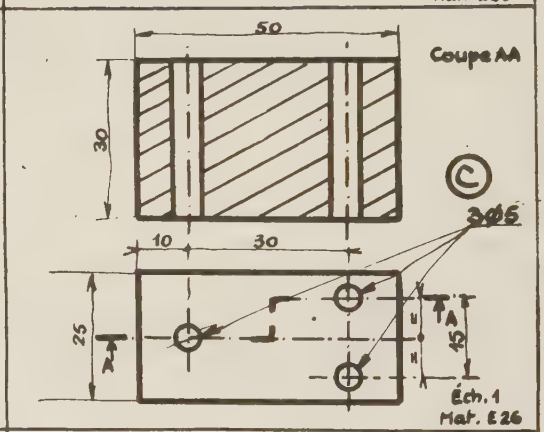


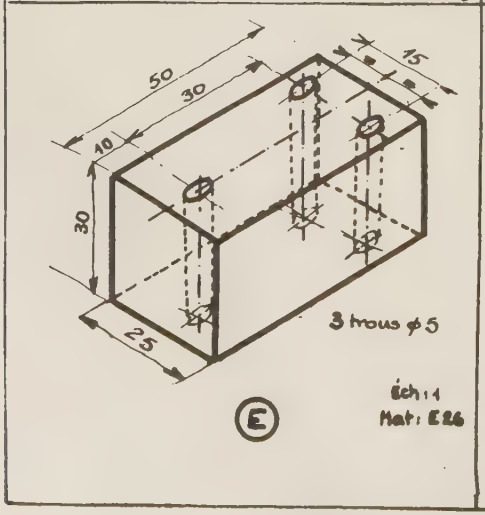
CENTRALE À GAZ DE BREST-PORTZIC "Techniques CEM" N°57 Janv 1964 article J C BOUCHARD









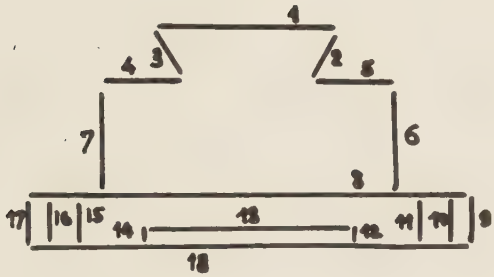


	CLARTÉ	FACILITÉ	COÛT
1	D	E	D
2	B	B	B
3	C	C	C
4	E	D	A
5	A	A	E

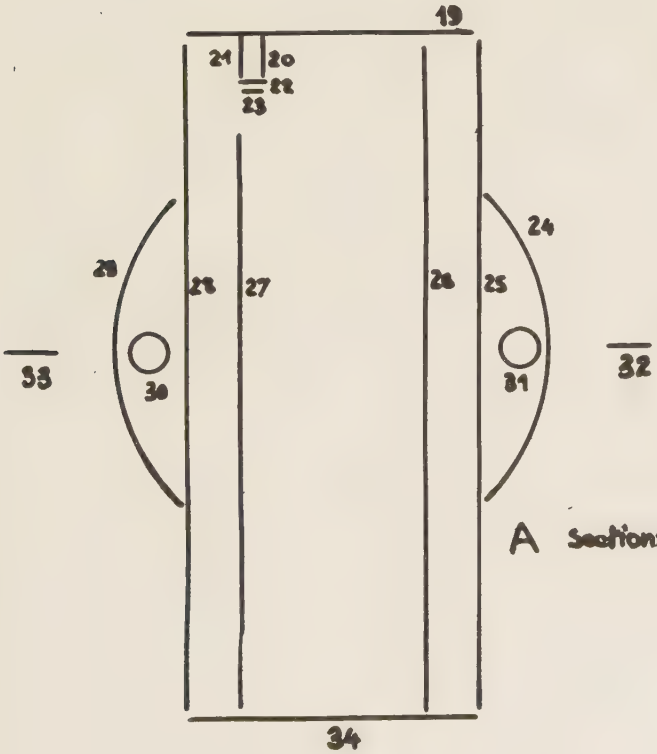
Nom du correspondant: CALAIS

28-10-78

fig. 19

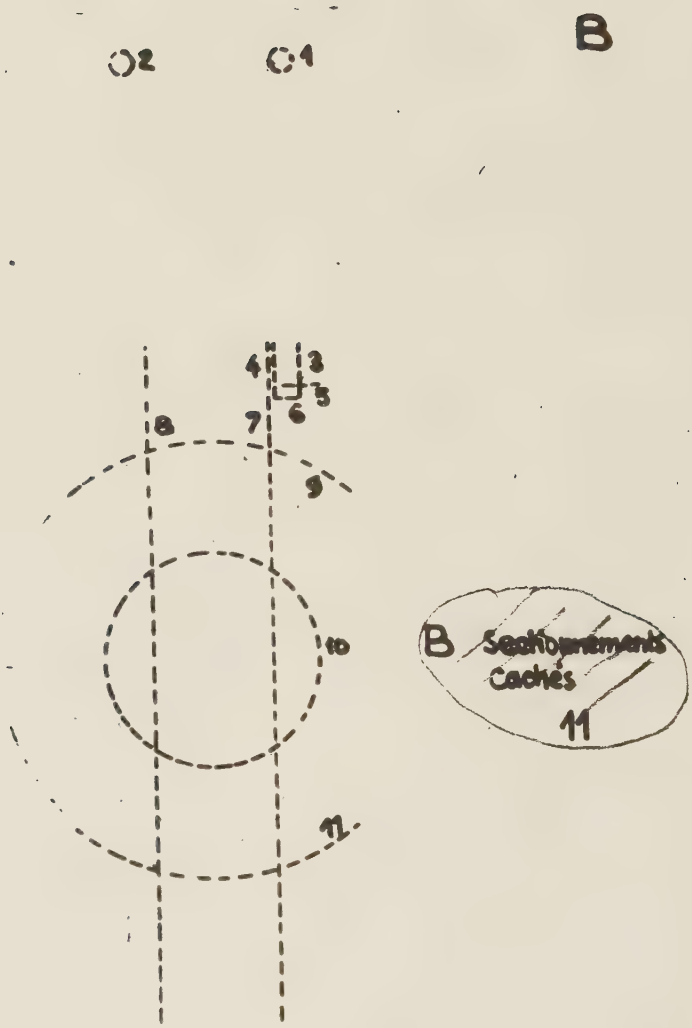


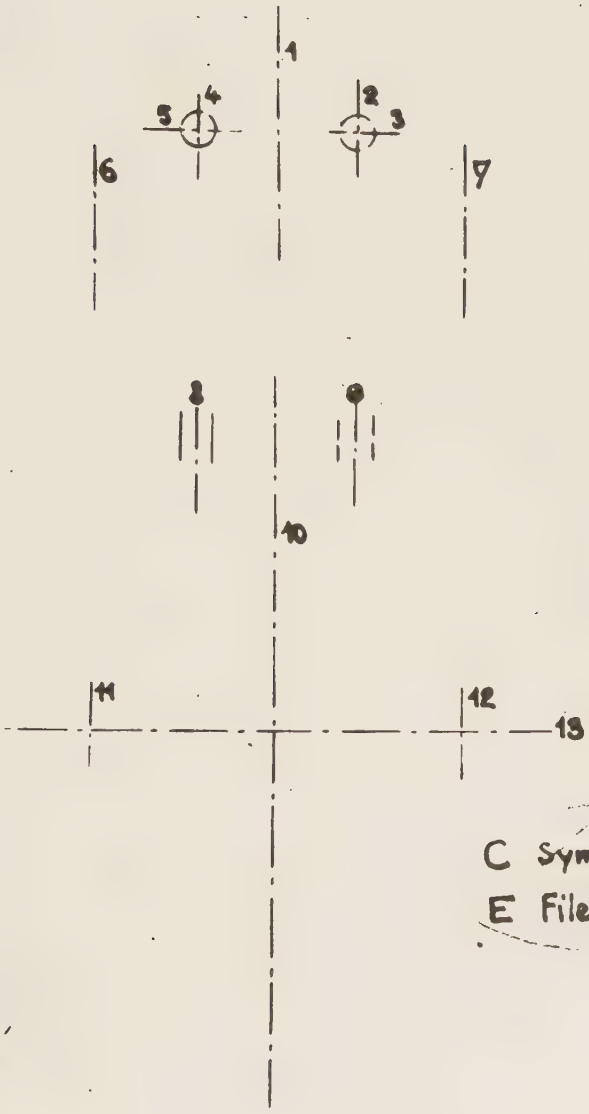
A



A Sectionnement vus

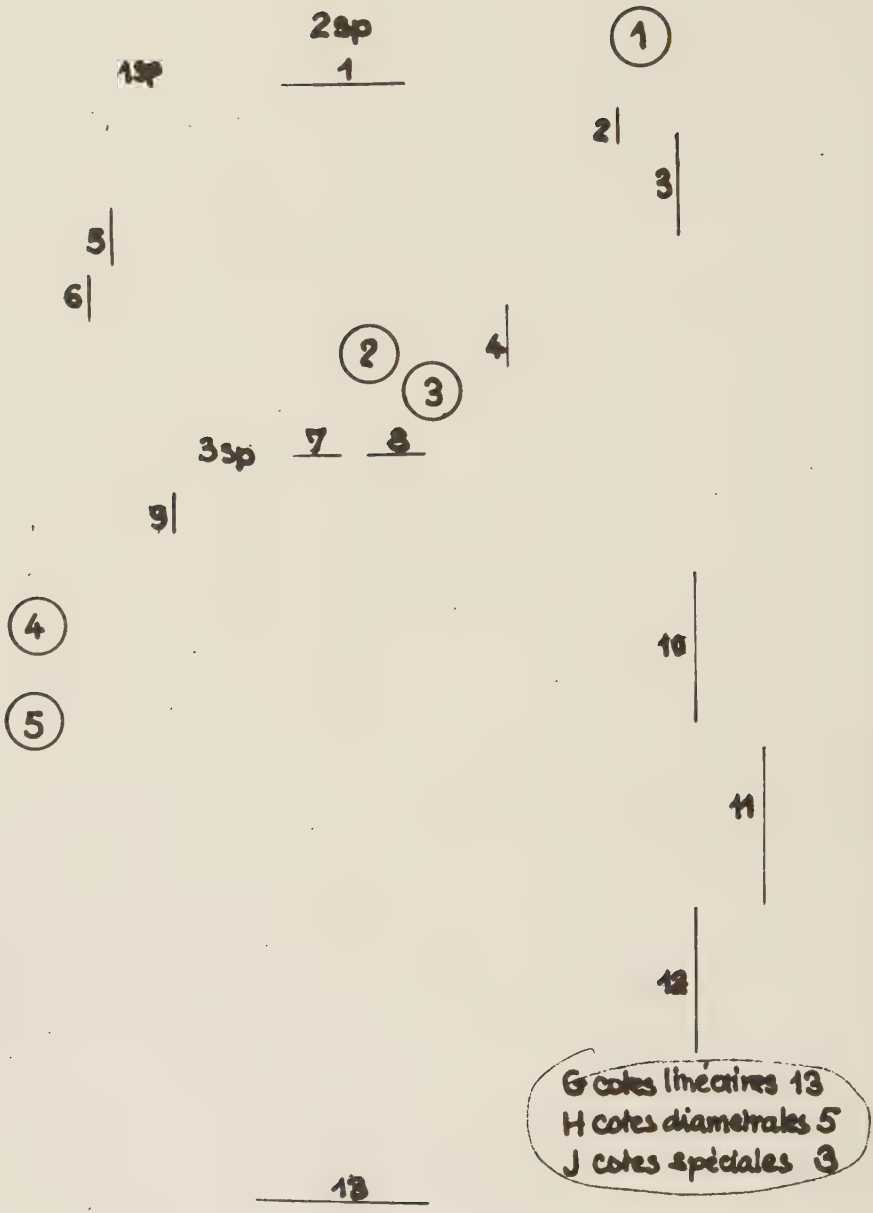
34


B
2
1
4
3
5
6
7
8
9
10
11
B Sectionnements
Cachés
11



C E

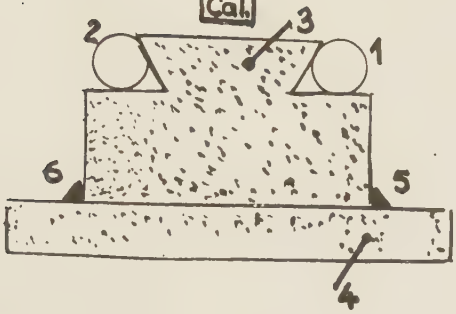
C Symmetries 13
E Filetages 6


2sp
1
1sp
1
2
3
5
6
2
4
3
3sp
7
8
9
4
10
5
11
12
G cotes linéaires 13
H cotes diametrales 5
J cotes spéciales 3
13

Coupe AA

Pige

Cal.



F

deux trous

aux
rous

AA

9

10

F Spéciaux 10

Symboles et écritures 10%

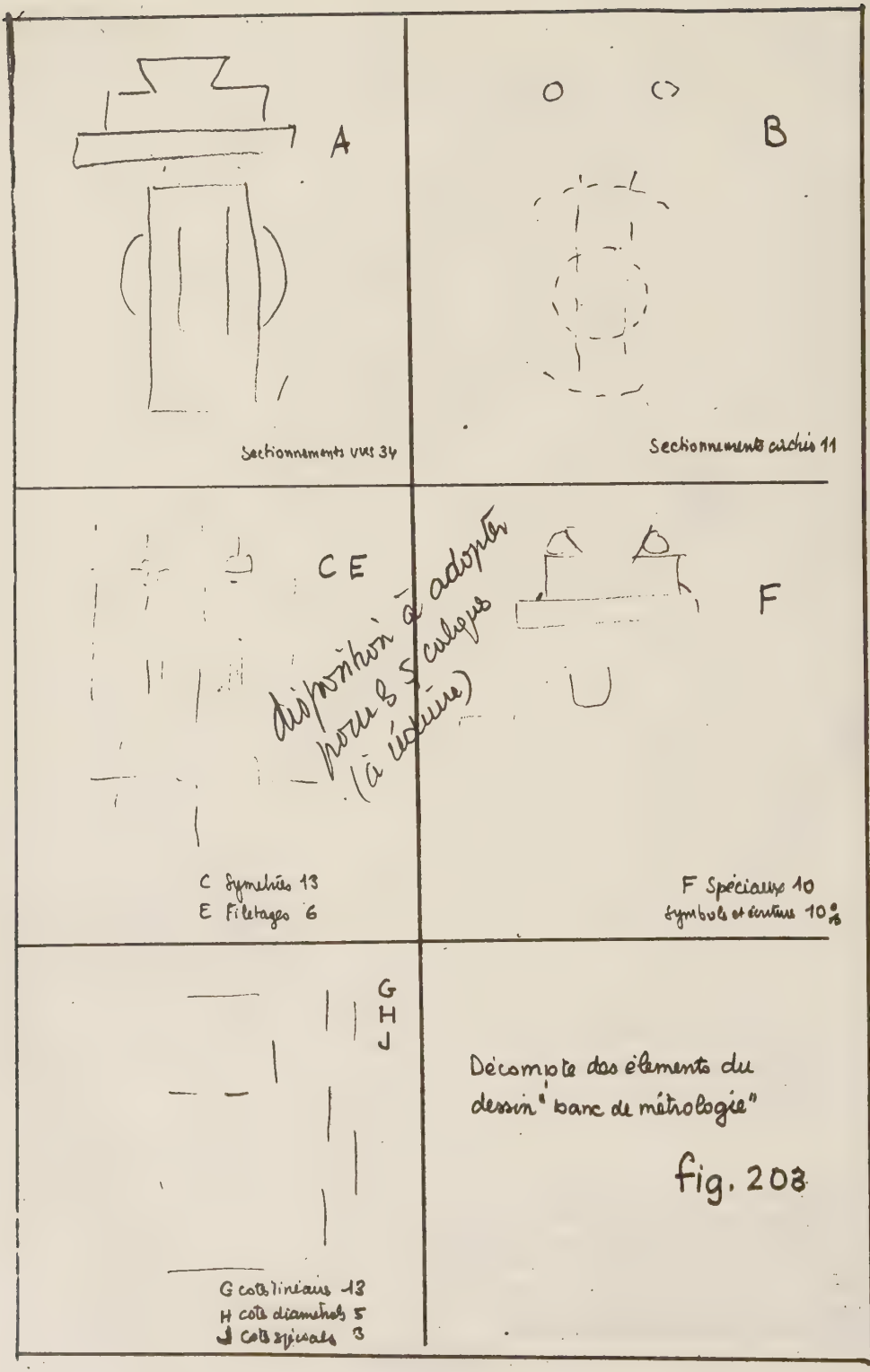
Glissière Supérieure

A42 Matière

BANC DE MÉTROLOGIE

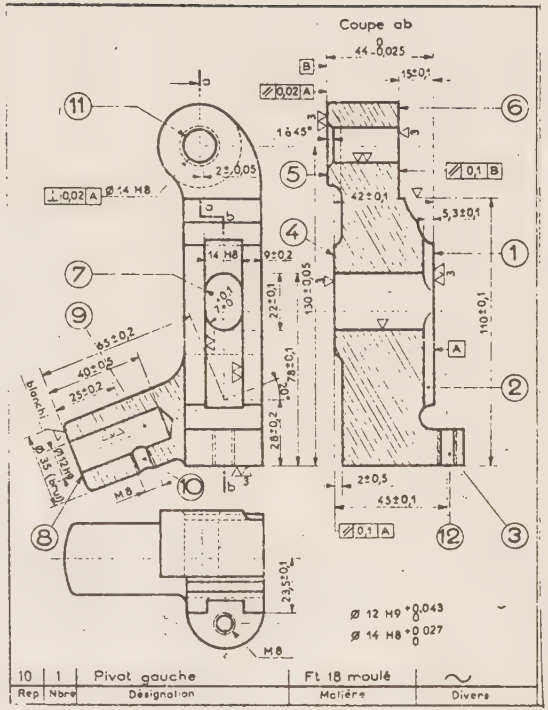
Echelle 1:1

2.2

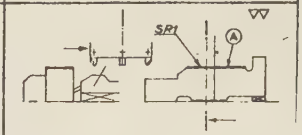
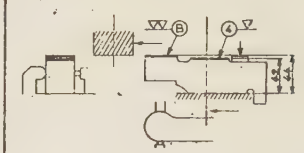
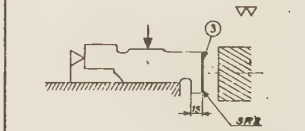
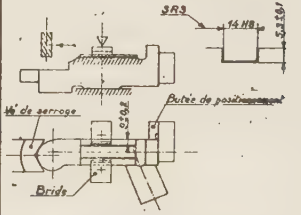
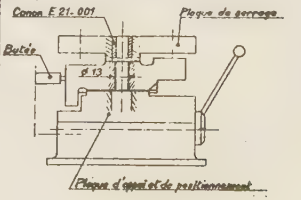


Décompte des éléments du dessin "banc de métrologie"

fig. 203

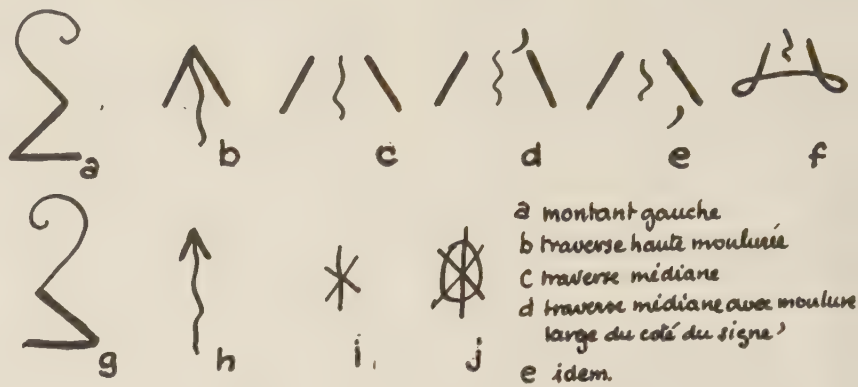


	Matière Ft 18	Etat Moulé	Mod-Matri	HB ou Rr	Section	Longueur	Nombre	Poids	
Bureau des Travaux	Ensemble Groupe Ensemble Pivot gauche						Dos.	Chem.	Rep.
							Page 1 / Nbre de feuilles 3		

Nos des phases	Désignation des phases et opérations d'usinage	Machine utilisée Code	Nos	Aux	Appareillages et outils coupants	Vérificateurs	Croquis de la pièce à ses divers stades d'usinage
10	Fraisage Surfaçage Ⓐ SR définitive	31	02	FV	Montage à serrage rapide 1 81-31-40 Fraise à outils rapportés ø 80		
20	Fraisage Appui sur SR1 Montage phase précédente Surfaçage Ⓑ et ④ Mise à épaisseur 44 -0,025 -0 42 ± 0,1	31	02	FV	Montage 2 Fraise 2 tailles ø 60 E 66-213		
30	Fraisage Appui sur SR1 Montage phase précédente Surfaçage ③ SR2	31	01	FH	Montage 3 Fraise 2 tailles ø 80 E 66-213		
40	Fraisage Appui sur SR1 - SR2 Exécution de la rainure 14 H8 prof.r 5,3 SR3	31	02	FV	Montage spécial à construire 4 Fraise 2 tailles ø 12 E 66-217	Tampon 14 H8	
50	Perçage En montage universel Perçage trou central ø 13	32	02	PC	Montage universel 81-32c-01 Plaques de serrage, d'appui et positionnement à construire Foret ø 13 Canon E 21-001		

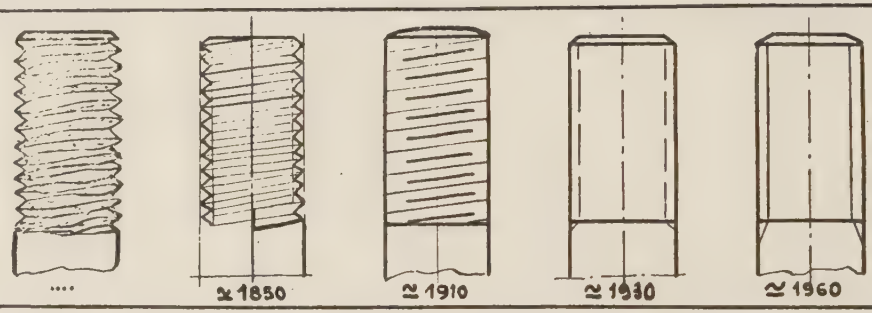
Exemple de gamme (5 premières phases). Pivot gauche de machine à plier les tôles. Le cours industriel n°7 (avril 1962).

fig. 204



a montant gauche
b traverse haute moulurée
c traverse médiane
d traverse médiane avec moulure large du coté du signe
e idem.
f traverse basse
g montant droit
h montant simple
i à couper
j de plusieurs traits le meilleur.

Symboles utilisés en menuiserie, d'après ROUBO (1789).



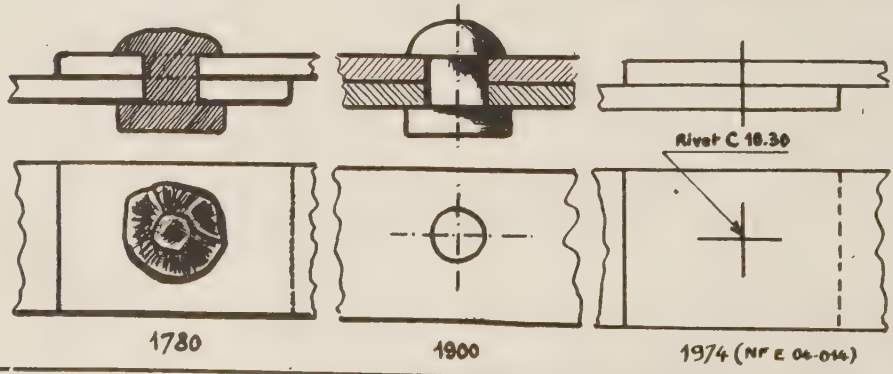
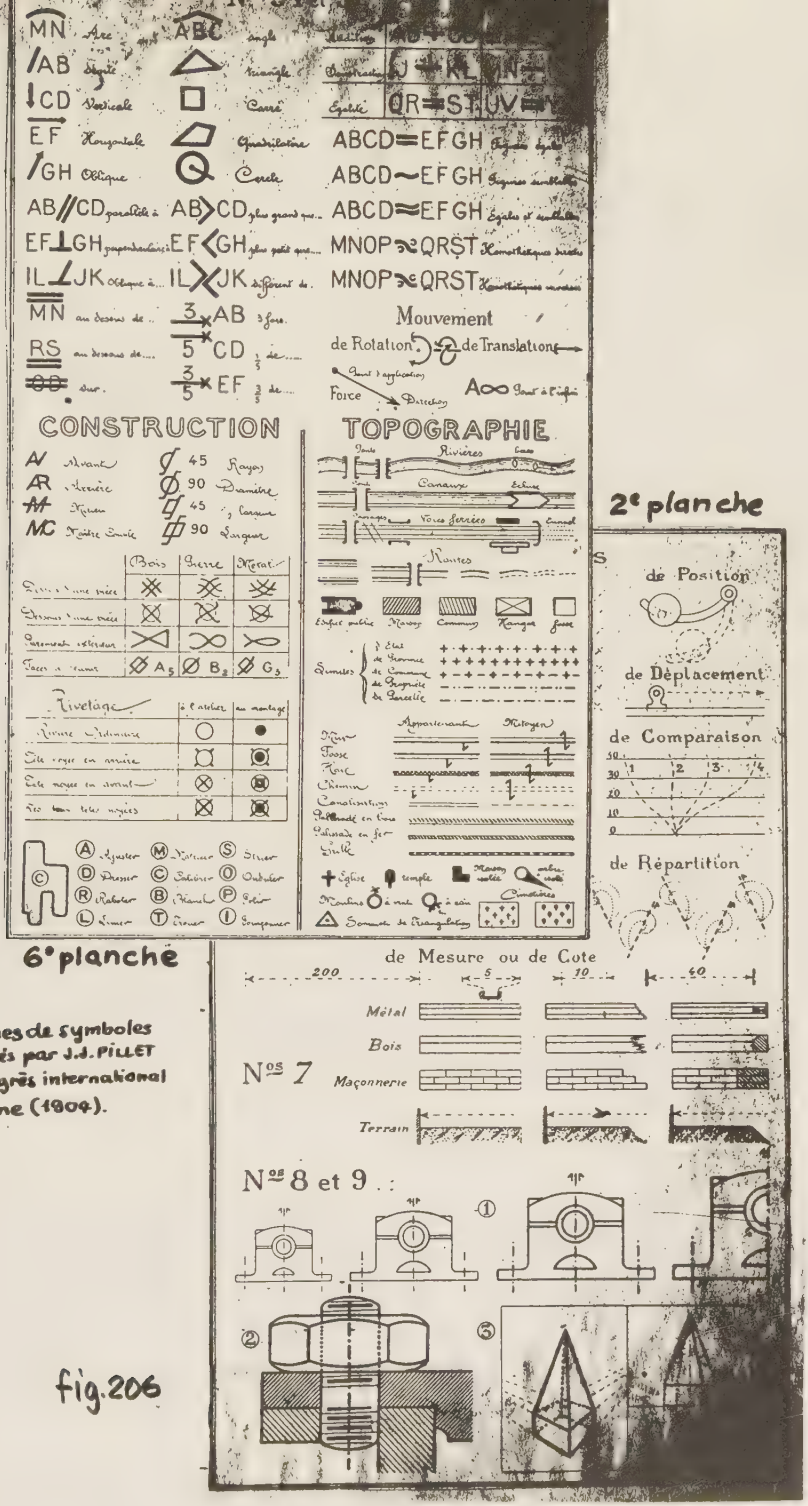


fig. 2



2e planche

6e planche

Planches de symboles proposés par J.J. PILLET au Congrès international de Berne (1904).

fig. 206

DÉNOMINATION	SIGNES DE BASE	EMPLOI	EXEMPLES
• TRAIT : - Continu - Interrompu long - Inerrompu court - double • TRIANGLE : - Plein - Vide • FLÈCHE - oblique • CERCLE • CARRÉ • LOSANGE etc...	▼ ▽ ↗ ○	Conduites Flux hydraulique Flux pneumatique ou son évacuation à l'air libre Possibilité de réglage ou de variation progressive Appareil de transformation de l'energie (Pompe, moteur etc)	Pompe hydraulique à cylindrée réglable - à un sens de flux Pompe hydraulique à cylindrée réglable - à deux sens de flux

a

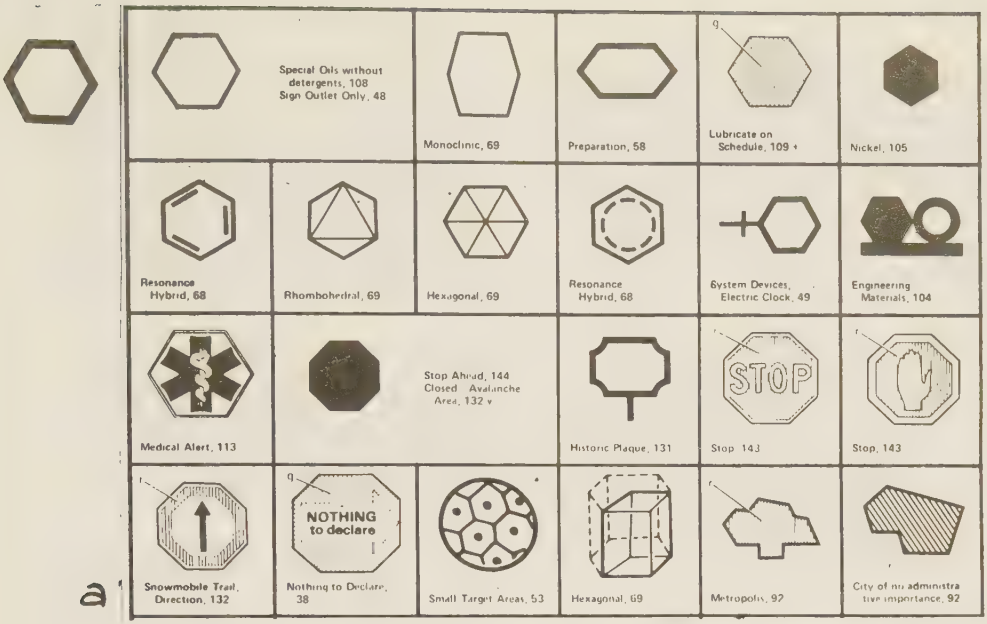
	Continu fort	Arêtes et contours vus, surfaces vues,
	Interrompu Court moyen	Arêtes et contours cachés, surfaces cachées, Fonds de filets cachés.
	Continu fin	Lignes d'attache et de cote, fonds de filets vus, hachures Contours de pièces voisines, contour de sections rabattues, Contours initiaux éliminés par façonnage, arêtes fictives, Constructions géométriques, arrêt de coupe.
	Mixte fin	Axes et traces de plans de symétrie, positions extrêmes de pièces mobiles, parties situées en avant du plan de coupe, engrenages.
	Mixte fin plus fort	Trace de plan de coupe.
	Mixte fort	Indication de surfaces devant subir un traitement.

b

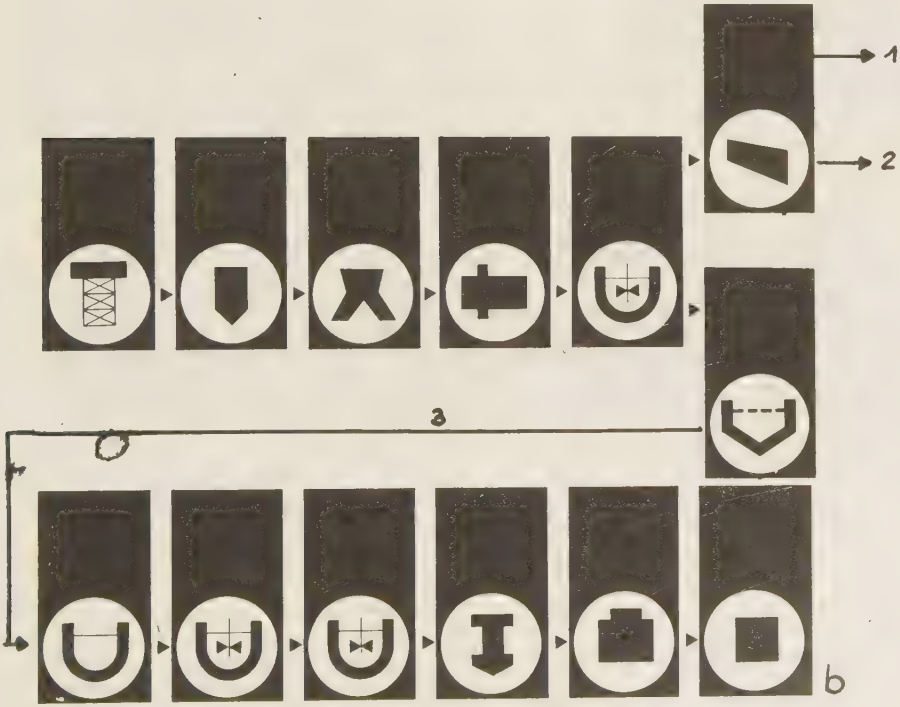
	Tous métaux et alliages sauf, éventuellement, ceux ci-dessous.		Matières plastiques ou isolantes et garnitures
	Cuivre et alliages ou domine le cuivre.		Bois en coupe transversale
	Métaux et alliages légers.		Bois en coupe longitudinale
	Anti friction, matières coulées sur une pièce de base.		Verre

c

fig. 207



Classification des symboles par symbole de base, Design industrie (1972)



Concentration des minerais d'uranium (doc. commissariat à l'énergie atomique). 1 - procédé utilisant les résines échangeuses d'ions,
2 - procédé utilisant les solvants organiques,
3 - procédé calcique.

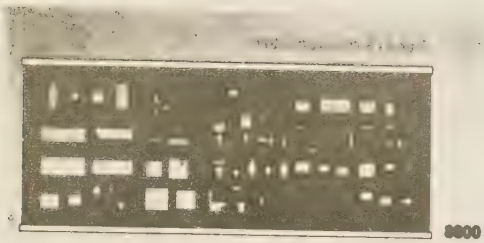
fig. 208

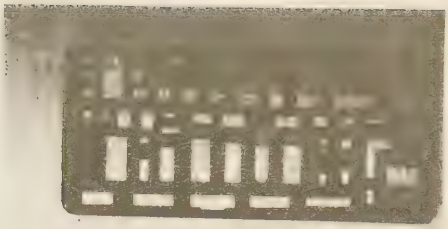
Sens de mouvement rectiligne continu		Avance par tour (x valeur de l'avance)	x mm/
Mouvement rectiligne en deux sens		Avance par minute (x valeur de l'avance)	x mm/min
Mouvement rectiligne interrompu		Avance réduite ($\frac{1}{x}$ = rapport entre l'avance réduit et l'avance normale)	1/x
Mouvement rectiligne limité		Avance accélérée ($\frac{x}{1}$ = rapport entre l'avance rapide et l'avance normale)	x/1
Mouvement rectiligne alternatif limité Double course		Avance longitudinale	
Mouvement rectiligne alternatif. Course oscillante		Avance transversale	
Mouvement de rotation limite		Augmentation de valeur (vitesse par exemple)	
Mouvement de rotation limité en deux sens. Double course		Diminution de valeur (vitesse par exemple)	
Mouvement de rotation Course oscillante		Moteur electrique	
Sens de rotation de la broche		Pompe (symbole général)	
Un tour		Pompe d'arrosage	
Nombre de tours par minute (x valeur du nombre de tours)	x / min	Pompe de graissage	
Avance		Pompe de transmission hydraulique	

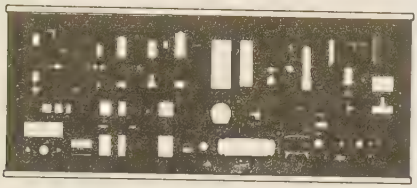
SIGNES PARTICULIERS						SIGNES ADDITIONNELS			
Désignation	Signe	Variante	Désignation	Signe		Accouplement			
Robinet-vanne			droit			Brides			
Robinets à soupape: droit			Robinets à tournant: droit			Abouts filetés mâles			
Robinets à soupape: d'équerre			Robinets à tournant: d'équerre			Manchons taraudés			
Robinets à soupape: à 3 voies			Robinets à tournant: 3 voies 2 lumières			Soudure			
Soupape de sûreté			Robinets à tournant: 3 voies 3 lumières			Directe à main			
Clapets de retenue: d'arrêt						Mécanique à distance			
Clapets de retenue: de non retour			Robinet à papillon			Électrique			
						Par l'intermédiaire du fluide			

fig. 209

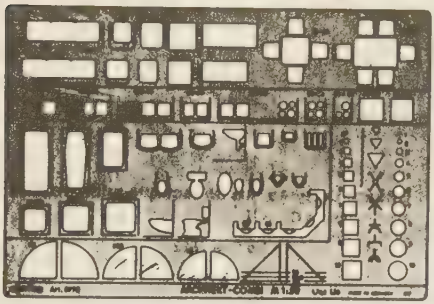
Quelques symboles normalisés (NF E60-032, NF E 04-051), CHEVALIER (1969).

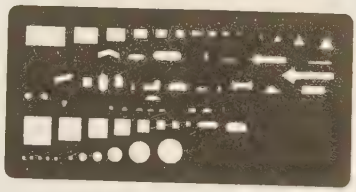

8800

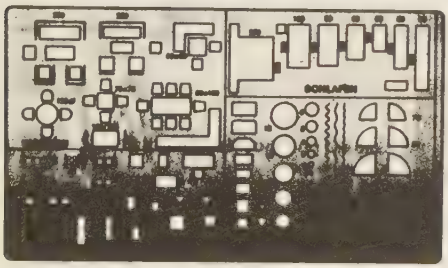


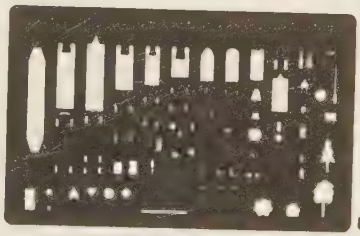

8804

8821


8778


8822

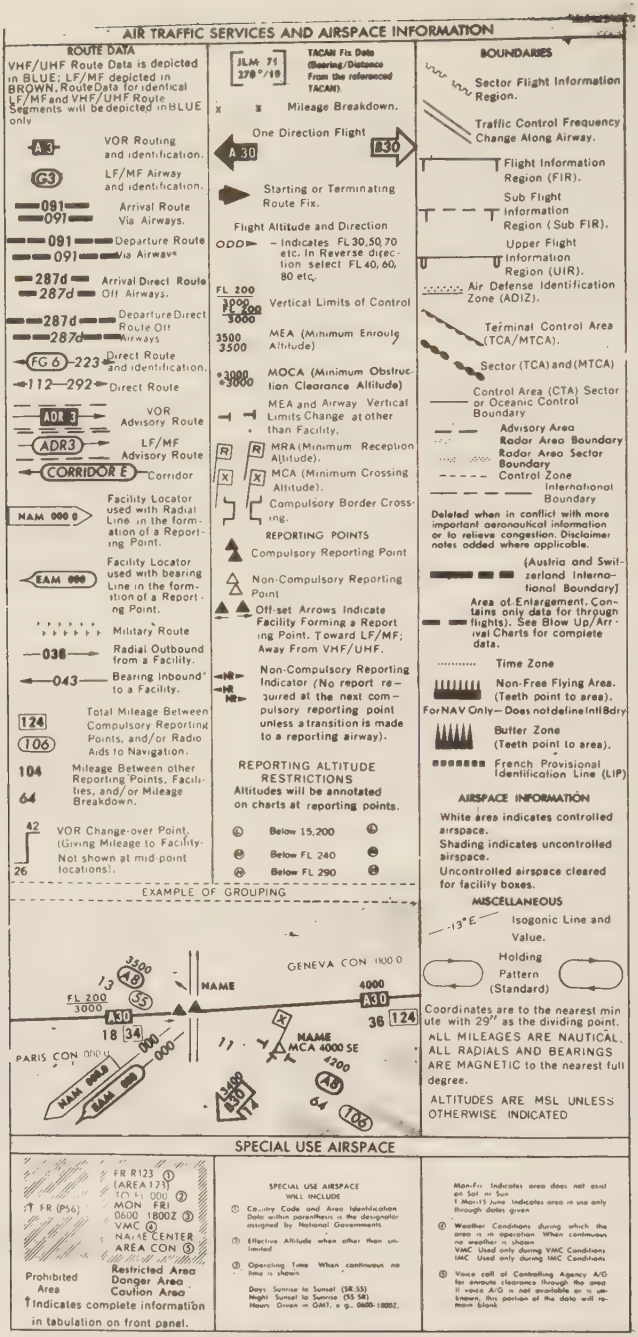

8779


8824

Gabarits. le catalogue ROTRING 1973 comporte 38 planches de représentations symboliques normalisées ou conventionnelles.

8800 - installations sanitaires (I). (salle de bain et wc.)
8804 - installations sanitaires (II) (cuisine)
8778 - architecture (salle de séjour, chambre, etc...) (symboles combinés).
8779 - architecture (symboles combinés).
8780 - Gabarit de mobiliers.
8821 - Symboles chimiques.
8822 - Symboles de tactique militaire (symboles O.T.A.N.).
8824 - accidents de circulation

fig. 210



Exemple de code (carte aérienne).

fig. 2